

Aus dem Institut für Pflanzenernährung  
der Justus Liebig-Universität Gießen  
Direktor: Professor Dr. phil., Dr. nat. tech. h. c. Hans Linser

---

Einfluß einer variierten Phosphat-, Kalium-  
und Kupferversorgung auf System-  
und Produktwachstum bei Sommerweizen

DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades  
beim Fachbereich Ernährungswissenschaften  
der Justus Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von  
Ahmad Zahiri  
aus Khoy/Iran

Gießen, im November 1972







Aus dem Institut für Pflanzenernährung  
der Justus Liebig-Universität Gießen  
Direktor: Professor Dr. phil., Dr. nat. tech. h. c. Hans Linser

---

# Einfluß einer variierten Phosphat-, Kalium- und Kupferversorgung auf System- und Produktwachstum bei Sommerweizen

## DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades  
beim Fachbereich Ernährungswissenschaften  
der Justus Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von  
**Ahmad Zahiri**  
aus Khoy/Iran

Gießen, im November 1972

Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung  
der Justus-Liebig-Universität Gießen  
Doktor: Professor Dr. habil. Dr. rer. tech. h. c. Hans Linser

Einfluß einer varierten Phosphat-, Kalium-  
und Kupferversorgung auf System-  
und Produktwachstum bei Sommerweizen

## DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades  
beim Fachbereich Biowissenschaften  
der Justus-Liebig-Universität Gießen



verfaßt von  
Ahmad Zahedi

Dekan: Prof. Dr. Hans Linser

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Hans Linser

2. Berichterstatter: Prof. Dr. N. Atanasiu

Tag der mündlichen Prüfung : 30.11.1972

Gießen, im November 1972

## VORWORT

Herrn Professor Dr. Hans Linser bin ich für die Überlassung des Themas und für die wissenschaftliche Anleitung zu Dank verpflichtet.

Herrn Professor Dr. Hans Kühn bin ich für das meiner Arbeit entgegengebrachte Interesse, für die zahlreichen wertvollen Anregungen und für die vielseitige Unterstützung zu besonderem Dank verpflichtet.

Bei allen Angehörigen des Instituts für Pflanzenernährung in Giessen für ihr freundliches Entgegenkommen und ihre Hilfsbereitschaft bedanke ich mich.

Nicht zuletzt danke ich dem Deutschen Akademischen Austauschdienst hiermit für die finanzielle Unterstützung, die die vorliegende Arbeit ermöglicht hat.



# Inhaltsverzeichnis

|                                                                                                                            | Seite |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| A. Einleitung                                                                                                              |       |
| Einführende Literatur und Problemstellung                                                                                  | 1     |
| B. Hauptteil                                                                                                               |       |
| Einfluß einer variierten Phosphat-, kalium- und Kupferversorgung auf System- und Produktwachstum bei Sommerweizen          | 7     |
| I. Einfluß einer variierten Phosphat- und kalium-gabe auf System- und Produktwachstum bei Sommerweizen (Gefäßversuch 1970) | 7     |
| 1. Versuchsanlage und -beschreibung                                                                                        | 7     |
| 2. Wachstumsbeobachtungen                                                                                                  | 10    |
| 3. Einfluß der Phosphat- und Kaliumversorgung auf:                                                                         | 16    |
| a. Frischerträge                                                                                                           | 16    |
| b. Trockenерträge                                                                                                          | 19    |
| c. Roh- und Reinproteingehalte                                                                                             | 29    |
| d. Roh- und Reinproteinерträge                                                                                             | 34    |
| e. Kaliumgehalte und -entzüge                                                                                              | 38    |
| f. Phosphorgehalte und -entzüge                                                                                            | 44    |
| 4. Diskussion der Versuchsergebnisse                                                                                       | 49    |
| II. Einfluß einer variierten Kupfergabe auf System- und Produktwachstum bei Sommerweizen (Gefäßversuch 1971)               | 79    |
| 1. Versuchsanlage und -beschreibung                                                                                        | 79    |
| 2. Wachstumsbeobachtungen                                                                                                  | 82    |

|                                           | Seite |
|-------------------------------------------|-------|
| 3. Einfluß der Kupferversorgung auf:      | 83    |
| a. Frischerträge                          | 83    |
| b. Trockenerträge                         | 83    |
| c. Roh- und Reinproteingehalte            | 84    |
| d. Roh- und Reinproteinerträge            | 90    |
| e. Kupfergehalte und -entzüge             | 93    |
| 4. Diskussion der Versuchsergebnisse      | 97    |
| C. Schlussbetrachtung und Zusammenfassung | 113   |
| D. Literaturverzeichnis                   | 115   |
| E. Anhang                                 |       |

## A. E I N L E I T U N G

### Einführende Literatur und Problemstellung

Aufgabe und Zielsetzung der heutigen modernen Landwirtschaft liegt darin, die immer mehr wachsende Erdbevölkerung ausreichend mit qualitativ hochwertigen Nahrungsmitteln zu versorgen und sich damit an die ernährungswissenschaftlichen Forderungen unserer modernen Gesellschaft anzupassen. Zwar sind in den letzten Jahrzehnten in dieser Richtung bedeutsame Fortschritte erzielt worden, aber es bedarf noch weiterer Forschung und Untersuchung in dieser Hinsicht. Voraussetzung für die Fortschritte auf diesem Gebiet ist eine genaue Kenntnis jener biochemischen und pflanzenphysiologischen Abläufe, die man unter dem Begriff "Wachstum" zusammenfaßt.

Nach WALTER (1947) ist das Wachstum eine irreversible Substanzzunahme lebender Organismen, die das Ergebnis vieler komplizierter Stoffwechselvorgänge darstellt. Es ist durch eine ständige Vermehrung der Zellen gekennzeichnet.

V.DENFFER und Mitarbeiter (1967) betrachten das Wachstum als eine Tätigkeit des Protoplasmas, die mit einer Vergrößerung der Zelle und einer Substanzzunahme verbunden ist.

LINZBACH (1962) bezeichnet alle jene Größenänderungen als Wachstum, die gleichzeitig mit einer Vermehrung strukturierter, reproduktionsfähiger Nukleoproteide vom Typ der DNS einhergehen.

Nach LINSER (1968) ist das Wachstum einer pflanzlichen Zelle die Zunahme ihrer Trockenmasse oder ihrer Frischsubstanz, verbunden mit einer Zunahme ihres Volumens. Vermehrt sich die Wassermenge in der Zelle, so nennt er diesen Vorgang "Zellstreckungswachstum", vermehrt sich aber die Trockenmasse in der Zelle, so ist dies auf die Vermehrung zweier verschiedener Arten von Zellbestandteilen zurückzuführen. Es sind einerseits hochmolekulare Zellstrukturen, die aus Protoplasma-, Organellen- und Kernsubstanz bestehen, die die lebenträgenden biochemischen Umsetzungen in der Zelle durchführen und die dabei selbst wachsen können. Sie werden als "lebendes System" bezeichnet. Andererseits sind es Strukturen wie Stärke, Zellulose, Reserveeiweiß

und niedermolekulare organische Stoffe, die durch die Tätigkeit des lebenden Systems zustandekommen und als Produkt bezeichnet werden. So kann das Gesamtwachstum einer pflanzlichen Zelle als Resultat der Tätigkeit des "lebenden Systems" angesehen werden.

Wachstum ist somit ein an das Vorhandensein lebendigen Materials gebundener Vorgang und kann nur an lebenden Organismen beobachtet werden (LACH, 1970).

Will man den Einfluß eines mineralischen Nährstoffes auf das Wachstum und somit auf den Ertrag und Qualität einer Pflanze untersuchen, so ist es notwendig zu wissen, wie im einzelnen die Wachstumsprozesse ablaufen. Erst dann ist es möglich, das Wachstum in einer bestimmten Richtung zu steuern. Vielfach ist das Ziel eine erhöhte Ertragsbildung.

Diese theoretischen Überlegungen sind in den Arbeiten von LINSER (1956, 1964, 1967, 1968, 1969), TITZE (1969) und LACH (1969) bereits ausführlich behandelt worden. Es soll deshalb an dieser Stelle nicht näher hierauf eingegangen werden. In der vorliegenden Arbeit wird aber zur Frage des Wachstums noch verschiedentlich im Sinne von LINSER einzugehen sein.

Jede Zelle enthält nach LINSER (1967) "lebendes System", "Produkt" und die von außen aufgenommenen mineralischen Nährstoffe, die für das Wachstum von System und Produkt unentbehrlich sind. Durch die Tätigkeit der lebentragenden Zellstrukturen werden die aufgenommenen Nährstoffe in organische Strukturen eingebaut, wobei die Multienzymkomplexe als wichtiger Bestandteil des Systems eine bedeutende Rolle spielen. Die aufgenommenen Nährstoffe dienen also als Baumaterialien zur Bildung und Vermehrung des Systems und des nichtlebentragenden Produktes. Das lebende System ist in der Lage, aus den lebensnotwendigen Elementen einerseits körpereigene Substanzen wie Eiweiße, Enzyme und Lipide unter Mitwirkung des im Zellkern lokalisierten DNS-Systems zu produzieren. Man spricht dann von "Systemwachstum". Andererseits kann das System aus diesen Baumaterialien Produkte herstellen und es kommt zu einer Anhäufung von nichtlebenden organischen Materialien in der Zelle. Man spricht von "Produktwachstum". Das System stellt

nach LINSER (1967) somit die eigentliche Produktionskapazität der Zelle, das Produkt hingegen die Leistung dieses produzierenden Systems dar. Demnach: Je mehr System in den Anfangsstadien des Wachstums produziert wird, umso größer ist die Aussicht auf vermehrte Produktion von Produkt und damit die Erzielung eines höheren Ertrages.

Als Maß für die Menge des in einer Pflanze vorhandenen Systems bezeichnet LINSER (1967) das Reinprotein, da es stets den überwiegenden Bestandteil des Systems ausmacht. Will man ausgehend vom Reinproteingehalt, den Gehalt einer Pflanze an System ermitteln, so ist dies möglich durch Multiplikation des Reinproteingehaltes mit einem Faktor, der für jede Pflanze eine bestimmte Größe hat. Im Falle des Weizens kann man diesen Faktor z.B. mit 3,3 annehmen, da die Weizenembryonen, von denen man annehmen muß, daß sie 100 %ig aus System bestehen, einen Reinproteingehalt von 30 % aufweisen (LINSER 1967). Die jeweilige Differenz zwischen der so errechneten Systemmenge und der Gesamttrockenmasse wird als Produkt bezeichnet. Das Verhältnis System : Produkt ist in der Pflanze keineswegs konstant. Es ändert sich im Verlauf einer Vegetationsperiode aus verschiedenen Gründen meistens zugunsten des Produktes, wie das aus dem Verlauf der Kurve in Abb. 1 hervorgeht.

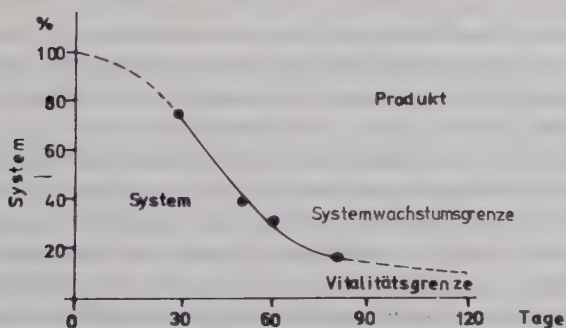


Abb. 1: Relation von System zu Produkt in der Weizenpflanze von der Keimung (1.Tag) bis zum Ährenschieben (74.Tag) und weiter bis zur Vollreife (120.Tag) (LINSER 1967).

Faktoren, die einen Einfluß auf diese Umsteuerung von System- in Produktwachstum nehmen, sind einerseits endogener, andererseits **exogener Natur**.

Die endogenen Faktoren sind meistens genetisch verankert. Es gehören hierzu jene Gene, die einmal das Systemwachstum, d.h. die Reduplikation des Systems steuern, aber auch den Zeitpunkt bestimmen, wo die vorwiegende Reduplikation des Systems auf die Produktion von "Produkt" umgestellt wird.

Zu den exogenen Faktoren gehören unter anderem klimatische Einflüsse (LACH 1969) und das Angebot an verschiedenen Nährstoffen, insbesondere von Stickstoff, wie die Untersuchungen von LACH (1969) und TITZE (1969) gezeigt haben.

Der hypothetische Kurvenverlauf für das Verhältnis System / Produkt von Abb. 1 findet seine Bestätigung durch die Arbeiten von LINSER, LACH und TITZE (1968) an Weizen und Ölrettich. Die Autoren konnten in den ersten Wochen nach der Keimung eine Periode des hauptsächlich Systemwachstums feststellen, die bis zum 50. - 60. Tag nach der Saat andauert. Danach nimmt die Menge des Systems pro Pflanze einen annähernd konstanten Wert an. Gleichzeitig kommt es dann zu zunehmendem Produktwachstum. Diese Periode des vorwiegenden Produktwachstums dauert bei Weizen etwa bis zum 75. Wachstumstag. Danach werden durch die Anhäufung von Produkten und Überschreiten einer bestimmten Grenzrelation von System zu Produkt (bei Weizen 22:78) keine Produkte mehr synthetisiert. Zur Energiegewinnung für die ablaufenden Prozesse werden nun Reservestoffe herangezogen, so daß eine leichte Abnahme der Gesamtproduktmenge je Pflanze am Ende der Vegetation zu verzeichnen ist.

In den Arbeiten von LACH und TITZE (1969) wurde der Einfluß der Stickstoffdüngung auf den Zeitpunkt der Umsteuerung von Systemwachstum zu Produktwachstum eindeutig festgestellt. Es zeigte sich, daß mit steigenden N-Gaben der Zeitpunkt der Umsteuerung weiter hinausgeschoben wurde. Das wurde so gedeutet, daß eine länger dauernde und vermehrte Bildung von System erfolgte als Voraussetzung für eine spätere erhöhte Produktion von Produkt.

Welchen Einfluß andere Nährstoffe in dieser Hinsicht ausüben, ist noch weitgehend unbekannt. Es erschien deshalb wichtig zu sein, ähnliche Untersuchungen für die beiden anderen Kernnährstoffe P und K durchzuführen, aber auch für einen der Mikronährstoffe, nämlich das Kupfer.

Phosphor hat bekanntlich in der Pflanze wichtige Funktionen zu erfüllen. Er ist ein unentbehrlicher Bestandteil der Nukleotide, die ihrerseits die Bausteine der Nukleinsäuren darstellen. Hieraus wird die Bedeutung des Phosphors für den Proteinstoffwechsel und für die Synthese von Enzymen deutlich. Er ist darüber hinaus Bestandteil der Adenylsäure, die als Ausgangssubstanz zur Synthese von energiereichen Phosphaten (ADP, ATP) benötigt wird. Diese steuern viele Stoffwechselvorgänge, indem die in Form von ATP gespeicherte Energie für vielfältige Reaktionen zur Verfügung steht. Daneben muß stets eine gewisse Menge an anorganischem Phosphat für Phosphorylierungsvorgänge bereitstehen. Demnach ist der Phosphor direkt sowohl an den Reduplikationsvorgängen des Systems als auch an Stoffwechselumsetzungen beteiligt. Er reguliert als Bestandteil energiereicher Verbindungen die Umsetzungsgeschwindigkeit metabolischer Prozesse. Auch NAD, NADP, FMN und FAD enthalten in ihren Strukturen Phosphor als wichtigen Bestandteil. Viele Prozesse der Koenzyme (ATP, GTP, UTP, CTP) sind an die Anwesenheit von Phosphor gebunden. Auf Grund dieser vielfältigen Aufgaben des Phosphors im Stoffwechsel der Pflanze ist anzunehmen, daß sowohl die Ausbildung des Systems als auch des Produktes bei unzureichender Versorgung der Pflanze mit Phosphat beeinträchtigt werden.

Dem Kalium kommen ebenfalls wichtige Aufgaben zu. Es liegt in der Pflanze überwiegend als freibewegliches Ion vor. Es ist deshalb auch kein integrierender Bestandteil des Systems oder des Produktes, ist aber in der Lage, freie Valenzen beider Zellbestandteile abzusättigen. Durch seine quellenden und hydratisierenden Eigenschaften greift es regulierend in das Stoffwechselgeschehen der lebentragenden Strukturen in der Zelle ein. Ist es auch nicht mit Sicherheit Bestandteil von Enzymen, so ist es doch für den Ablauf vieler enzymatischer Reaktionen notwendig. Man kennt heute über 40 verschiedene

Enzyme, die durch Kalium aktiviert werden können. Bei der Proteinsynthese soll Kalium die Abspaltung des Proteins vom Ribosom bewirken. Es begünstigt somit die Proteinsynthese. Die Folge davon ist eine Zunahme der löslichen N-Verbindungen bei unzureichender Kaliumversorgung der Pflanzen. Weiterhin ist schon seit langem die Bedeutung des Kaliums für Synthese und Transport der Kohlehydrate bekannt, so daß auch für dieses Element Einflüsse sowohl auf die Ausbildung des Systems wie der Produkts angenommen werden können.

Kupfer ist am Aufbau einer Reihe von Enzymen (Oxydasen) beteiligt, die durch dieses Element aktiviert werden. Ein großer Teil des Kupfers in der Pflanze ist in den Chloroplasten lokalisiert. Es ist zur Stabilisierung des Chlorophyll-Eiweiß-Lipoid-Komplexes notwendig. Kupfer ist zusammen mit Eisen an der Nitratreduktion beteiligt. Kupfer begünstigt die Proteinsynthese. Kupfermangel führt deshalb zu einer Erhöhung des Gehaltes an freien Aminosäuren. Es werden deshalb bei unzureichender Kupferversorgung vor allem Auswirkungen auf die Systemsynthese und die Syntheseleistung des Systems zu erwarten sein.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen werden zeigen, inwieweit die Vermutungen hinsichtlich der spezifischen Wirkung der genannten Elemente auf die Ausbildung von System und Produkt zutreffen.

## B. H A U P T T E I L

### Einfluß einer variierten Phosphat-, Kalium und Kupferversorgung auf System- und Produktwachstum bei Sommerweizen

#### I. Einfluß einer variierten Phosphat- und Kaliumgabe auf System- und Produktwachstum bei Sommerweizen (Gefäßversuch 1970)

##### 1. Versuchsanlage und -beschreibung:

Zur Beantwortung der Frage, ob eine unterschiedliche P- und K-Versorgung auf System- und Produktwachstum einwirken, wurde ein Gefäßversuch in der Versuchsstation des Instituts für Pflanzenernährung in Giessen angelegt, der imfolgenden kurz und stichwortartig skizziert wird.

Versuchspflanze : Sommerweizen Heines Koga II

Keimfähigkeit = 96 %

TKG: 36,4 g

Aussaatmenge : 30 Körner je Gefäß

Versuchsumfang : 5 X 32 = 160 Mitscherlichgefäße  
mit je 7,5 kg Boden

Versuchsboden : "Daubringen", schwach saurer,  
nährstoffarmer Sandboden

PH<sub>(KCl)</sub> 5,3

PH<sub>(H<sub>2</sub>O)</sub> 6,0

mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (DL) 1,8

mg K<sub>2</sub>O (DL) 1,3

### Versuchs- und Düngungsplan:

Der Versuch bestand aus 5 Varianten. Die einzelnen Varianten erhielten folgende Nährstoffgaben je Gefäß:

|             |                                      |              |
|-------------|--------------------------------------|--------------|
| Variante 1: | 1,5g N - 1,5g $P_2O_5$ - 2,0g $K_2O$ | normale Dgg. |
| Variante 2: | 1,5g N - 1,5g $P_2O_5$ - 0,3g $K_2O$ | K-Mangel     |
| Variante 3: | 1,5g N - 1,5g $P_2O_5$ - 0,6g $K_2O$ |              |
| Variante 4: | 1,5g N - 0,3g $P_2O_5$ - 2,0g $K_2O$ | P-Mangel     |
| Variante 5: | 1,5g N - 0,6g $P_2O_5$ - 2,0g $K_2O$ |              |

Der Düngungsplan läßt erkennen, daß einer normalen Düngung (Var.1) zwei Varianten mit schlechter (Var.2) und mäßiger (Var.3) K-Versorgung einerseits und zwei Varianten mit schlechter (Var.4) und mäßiger (Var.5) P-Versorgung andererseits gegenüber standen.

Stickstoff wurde als  $NH_4NO_3$  und zwar 1,0g N in fester Form bei Versuchbeginn am 26.3.1970 gegeben und 0,5g N in Lösung bei der II. Ernte am 28.4.1970;  $P_2O_5$  als  $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$  und  $K_2O$  als KCl in fester Form bei Versuchsbeginn.

Alle fünf Varianten erhielten noch zusätzlich folgende Nährstoffe je Gefäß:

|      |    |                                 |
|------|----|---------------------------------|
| 4    | g  | $CaCO_3$                        |
| 2,92 | g  | $MgSO_4 \cdot 7H_2O$            |
| 2    | mg | Bor als $H_3BO_3$               |
| 10   | mg | Kupfer als $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ |
| 10   | mg | Zink als $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$   |
| 20   | mg | Mangan als $MnSO_4 \cdot H_2O$  |

Aussaattermin: 9.4.1970

Ernteplan: Im Verlauf der Vegetation wurden an oberirdischen Pflanzenteilen 5 Vereinzelungen und 15 Ernten in Zeitabschnitten von 4-8 Tagen durchgeführt:

| Ernte  | Datum     | Tage nach<br>Saat | Anzahl der geernteten<br>Pflanzen je Gefäß |
|--------|-----------|-------------------|--------------------------------------------|
| I.     | 23.4.1970 | 14                | vereinzelte auf 26 Pfl./Gef. 96            |
| II.    | 28.4.1970 | 19                | vereinzelte auf 23 Pfl./Gef. 96            |
| III.   | 4.5.1970  | 25                | vereinzelte auf 21 Pfl./Gef. 64            |
| IV.    | 8.5.1970  | 29                | vereinzelte auf 18 Pfl./Gef. 96            |
| V.     | 14.5.1970 | 35                | vereinzelte auf 16 Pfl./Gef. 64            |
| VI.    | 19.5.1970 | 40                | 2 Gefäße zu je 16                          |
| VII.   | 26.5.1970 | 47                | 2 Gefäße zu je 16                          |
| VIII.  | 2.6.1970  | 54                | 2 Gefäße zu je 16                          |
| IX.    | 8.6.1970  | 60                | 2 Gefäße zu je 16                          |
| X.     | 15.6.1970 | 67                | 2 Gefäße zu je 16                          |
| XI.    | 22.6.1970 | 74                | 2 Gefäße zu je 16                          |
| XII.   | 27.6.1970 | 79                | 2 Gefäße zu je 16                          |
| XIII.  | 4.7.1970  | 86                | 2 Gefäße zu je 16                          |
| XIV.   | 10.7.1970 | 92                | 2 Gefäße zu je 16                          |
| XV.    | 16.7.1970 | 98                | 2 Gefäße zu je 16                          |
| XVI.   | 22.7.1970 | 104               | 2 Gefäße zu je 16                          |
| XVII.  | 28.7.1970 | 110               | 2 Gefäße zu je 16                          |
| XVIII. | 3.8.1970  | 116               | 2 Gefäße zu je 16                          |
| XIX.   | 10.8.1970 | 123               | 2 Gefäße zu je 16                          |
| XX.    | 18.8.1970 | 131               | 2 Gefäße zu je 16                          |

## 2. Wachstumsbeobachtungen

Wachstumsbeobachtungen bei Variante 1  
(1,5g N, 1,5g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 2,0g K<sub>2</sub>O / Gef.)

| Ernte  | Wachstumsbeobachtungen                                                                                                                  |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I.     | 1.Blatt entwickelt sich, 2.Blatt ist angelegt<br>Pfl.Höhe 7 cm                                                                          |
| II.    | 3.Blatt angelegt. N-Gabe 0,5 g N/Gef.                                                                                                   |
| III.   | 1.Blatt an der Spitze abgetrocknet. Pfl.Höhe 16 cm                                                                                      |
| IV.    | 4.Blatt entwickelt sich, 5.Blatt ist angelegt<br>Bestockung beginnt, Pfl.Höhe 19 cm                                                     |
| V.     | Pfl.Höhe 24 cm                                                                                                                          |
| VI.    | Jede Pflanze hat 2-3 Nebentriebe. Pfl.Höhe 34 cm<br>ab jetzt werden ganze Gefäße geerntet. Je zwei<br>bilden eine biologische Parallele |
| VII.   | 1.Blatt ist vergilbt, 2.Blatt zum größten Teil aufgeheilt<br>Nodienzahl 2-3. Das Schossen setzt ein.<br>Pfl.Höhe 43-44 cm               |
| VIII.  | 3. und 4.Blatt zeigen Vergilbungserscheinungen. Pfl.<br>Höhe 56 cm. Mehltaubefall (gespritzt mit Calixin)                               |
| IX.    | Pfl.Höhe 72-73 cm. Hauptstamm verdickt sich                                                                                             |
| X.     | Schossen ist im Gange. Pfl.Höhe 88-89 cm                                                                                                |
| XI.    | Ährenschieben und Beginn des Blühens. Pfl.Höhe 102 cm                                                                                   |
| XII.   | Weizen ist in voller Blüte. Pfl.Höhe 106 cm                                                                                             |
| XIII.  | Die jüngsten Blätter sind noch grün. Pfl.Höhe 105-106 cm                                                                                |
| XIV.   | die zweitjüngsten Blätter sind zum Teil abgestorben<br>und die jüngsten Blätter sind am Vergilben                                       |
| XV.    | Alle Blätter sind gelb, nur die jüngsten Blätter sind<br>noch etwas grünlich. Erste Abtrennung der Körner möglich                       |
| XVI.   | Ähren zeigen noch grüne Farbe                                                                                                           |
| XVII.  | Alle Blätter abgestorben, Ähren werden gelb                                                                                             |
| XVIII. | Alle oberirdischen Pflanzenteile sind vergibt                                                                                           |
| XIX.   |                                                                                                                                         |
| XX.    | Vollreife                                                                                                                               |

Wachstumsbeobachtungen bei Variante 2 (0,3 g K<sub>2</sub>O / Gef.)

Ernte

Wachstumsbeobachtungen

---

- I. 1.Blatt entwickelt sich, 2.Blatt ist angesetzt.  
Pfl.Höhe 7 cm
- II. 3.Blatt angelegt, N-Gabe 0,5g N/Gef.
- III. 1.Blatt an der Spitze angetrocknet. Pfl.Höhe 16 cm
- IV. 4.Blatt entwickelt sich, 5.Blatt ist angelegt.  
Bestockung beginnt. Pfl.Höhe 19 cm
- V. Pfl.Höhe 24 cm
- VI. Jede Pflanze hat 2-3 Nebentriebe. Pfl.Höhe 33 cm
- VII. 1.Blatt ist vergilbt, 2.Blatt vom größten Teil aufge-  
hellt. Nodienzahl 2-3. Blätter haben hellere Farbe als  
die anderen Varianten. Schossen setzt ein.  
Pfl.Höhe 37 cm
- VIII. 3. und 4.Blatt sind an der Spitze anfangend gelb und  
vertrocknet, jüngste Blätter von der Spitze an schmutzig  
gelb-grün, auch die Blattränder; rötliche Farbtöne.  
Pfl.Höhe 48 cm. Starker Mehltaubefall  
(gespritzt mit Calixin am 4.6.)
- IX. Pfl.Höhe 59 cm, der Haupthalm verdickt sich
- X. Schossen ist im Gange. Pfl.Höhe 74 cm
- XI. Ährenschieben und Beginn des Blühens. Pfl.Höhe 81 cm
- XII. Volle Blüte. Pfl.Höhe 86 cm
- XIII. Zweitjüngste Blätter von der Spitze anfangend zu den  
Rändern vertrocknet und gedreht. Einige Blätter zeigen  
gelbe Streifen, die etwas älteren Blätter sind ganz oder  
halb vertrocknet. Pfl.Höhe 86 cm
- XIV. die zweitjüngsten Blätter sterben ab; die jüngsten  
Blätter sind bereits zum größten Teil vertrocknet
- XV. Körnerabtrennung ist möglich
- XVI. Alle Blätter sind abgestorben. Obere Halmteile und  
Ähren sind noch grün
- XVII. Ähren sind am Vergilben
- XVIII. Alle oberirdischen Pflanzenteile sind gelb
- XIX. Körner sind leicht von den Spelzen zu trennen
- XX. Weizen ist vollreif

Wachstumsbeobachtungen bei Variante 3 (0,6 g K<sub>2</sub>O / Gof.)

| Ernte  | Wachstumsbeobachtungen                                                                                                |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I.     | 1.Blatt entwickelt sich, 2.Blatt ist angelegt<br>Pfl.Höhe 7 cm                                                        |
| II.    | 3.Blatt ist angelegt. N-Gabe 0,5g N/Gef.                                                                              |
| III.   | 1.Blatt an der Spitze angetrocknet. Pfl.Höhe 16 cm                                                                    |
| IV.    | 4.Blatt entwickelt sich, 5.Blatt ist angelegt.<br>Bestockung beginnt. Pfl.Höhe 18 cm                                  |
| V.     | Pfl.Höhe 24 cm                                                                                                        |
| VI.    | Jede Pflanze hat 2-3 Nebentriebe. Pfl.Höhe 33 cm                                                                      |
| VII.   | 1.Blatt ist vergilbt. 2.Blatt zum größten Teil aufge-<br>hellt. Nodienzahl 2-3. Schossen setzt ein.<br>Pfl.Höhe 41 cm |
| VIII.  | 3. und 4.Blatt sind bereits vergilbt. Pfl.Höhe 52 cm<br>Mehltaubefall (gespritzt mit Calixin am 4.6.)                 |
| IX.    | Pfl.Höhe 63 cm. Haupthalm verdickt sich                                                                               |
| X.     | Schossen ist im Gange. Pfl.Höhe 77-78 cm                                                                              |
| XI.    | Ährenschieben und Beginn des Blühens. Pfl.Höhe 86 cm                                                                  |
| XII.   | Weizen ist in voller Blüte. Pfl.Höhe 90 cm                                                                            |
| XIII.  | Spitzen und Ränder der jüngsten Blätter sind ver-<br>trocknet. Einige Blätter sind noch grün. Pfl.Höhe 90 cm          |
| XIV.   | Die zweitjüngsten Blätter sind am Vergilben, die<br>jüngsten Blätter nur an der Spitze gelb und trocken               |
| XV.    | Alle Blätter am vergilben. Die jüngsten Blätter noch<br>hellgrün. Körnerabtrennung möglich.                           |
| XVI.   | Obere Halmteile und Ähren sind noch grün                                                                              |
| XVII.  | Alle Blätter abgestorben, Ähren sind am vergilben                                                                     |
| XVIII. | Alle oberirdischen Pflanzenteile sind gelb                                                                            |
| XIX.   | Körner sind leicht von den Spelzen zu trennen                                                                         |
| XX.    | Weizen ist vollreif                                                                                                   |

Wachstumsbeobachtungen bei Variante 4 (0,3 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> / Gef.)

Ernte

Wachstumsbeobachtungen

---

- I. 1.Blatt entwickelt sich, 2.Blatt ist angelegt  
Pfl.Höhe 7 cm
- II. 3.Blatt ist angelegt. N-Gabe 0,5g N/Gef.
- III. 1.Blatt an der Spitze vertrocknet. Pfl.Höhe 16 cm
- IV. 4.Blatt entwickelt sich, 5.Blatt nur vereinzelt sichtbar. Bestockung beginnt. Pfl.Höhe 17 cm
- V. Pfl.Höhe 22 cm
- VI. Jede Pflanze hat 2-3 Nebentriebe. Pfl.Höhe 22 cm
- VII. 1.Blatt ist vergilbt, 2.Blatt ist zum größten Teil aufgeheilt. Nodienzahl 2-3. Schossen setzt ein.  
Pfl.Höhe 40 cm
- VIII. 3. und 4.Blatt zeigen Vergilbungserscheinungen. Pfl.  
Höhe 50 cm. Mehltaubefall (gespritzt mit Calixin am 4.6.)
- IX. Pfl.Höhe 63 cm. Gelbe Farbtöne sind an Blattspitzen und  
Blattspreite der mittelalten Blätter zu erkennen
- X. Schossen ist im Gange. Pfl.Höhe 79 cm
- XI. Ährenschieben und Beginn des Blühens. Pfl.Höhe 89 cm
- XII. Phase der vollen Blüte. Pfl.Höhe 95 cm
- XIII. Die jüngsten Blätter sind nur an der Spitze entfärbt.  
Die zweitjüngsten Blätter sind bis zur Hälfte vergilbt.  
Pfl.Höhe 95 cm
- XIV. Die Vergilbung der Blätter schreitet fort
- XV. Alle Blätter sind vergilbt. Körnerabtrennung möglich
- XVI. Obere Halmteile und Ähren noch grün
- XVII. Alle Blätter sind abgestorben
- XVIII. Noch leichte grüne Farbtöne an den Ähren erkennbar
- XIX. Pflanzen weisen strohgelbe Farbe auf
- XX. Vollreife ist erreicht

Wachstumsbeobachtungen bei Variante 5 (0,6 g  $P_2O_5$  / Gef.)

Ernte

Wachstumsbeobachtungen

---

- I. 1.Blatt entwickelt sich. 2.Blatt ist angelegt.  
Pfl.Höhe 7 cm
- II. 3.Blatt ist angelegt. N-Gabe 0,5 g N/Gef.
- III. 1.Blatt an der Spitze vertrocknet. Pfl.Höhe 16 cm
- IV. 4.Blatt entwickelt sich, 5.Blatt vereinzelt sichtbar.  
Bestockung beginnt. Pfl.Höhe 17 cm
- V. Pfl.Höhe 22 cm
- VI. Jede Pflanze hat 2-3 Nebentriebe. Pfl.Höhe 31 cm
- VII. 1.Blatt ist vergilbt, 2.Blatt ist zum größten Teil auf-  
gehell. Nodienzahl 2-3. Schossen setzt ein. Pfl.Höhe  
41 cm
- VIII. 3. und 4.Blatt zeigen Vergilbungserscheinungen. Pfl.  
Höhe 48 cm. Mehltaubefall (gespritzt mit Calixin  
am 4.6.)
- IX. Pfl.Höhe 68 cm. Haupthalm verdickt sich
- X. Schossen ist im Gange. Pfl.Höhe 83-84 cm
- XI. Ährenschieben und Beginn des Blühens. Pfl.Höhe 92 cm
- XII. Volle Blüte. Pfl.Höhe 99 cm
- XIII. Die jüngsten Blätter sind nur an der Spitze entfärbt.  
Pfl.Höhe 102 cm
- XIV.
- XV. Alle Blätter sind am vergilben. Jüngsten Blätter noch  
hell grün. Die Körner sind leicht von den Spelzen  
zu trennen
- XVI. Obere Halmteile und Ähren noch grün
- XVII. Alle Blätter abgestorben
- XVIII. Noch grüne Farbtöne an den Ähren erkennbar
- XIX. Pflanzen weisen strohgelbe Farbe auf
- XX. Stadium der Vollreife



Abb. 2: Weizenpflanzen bei der IX. Ernte,  
von links nach rechts: Varianten 1-5

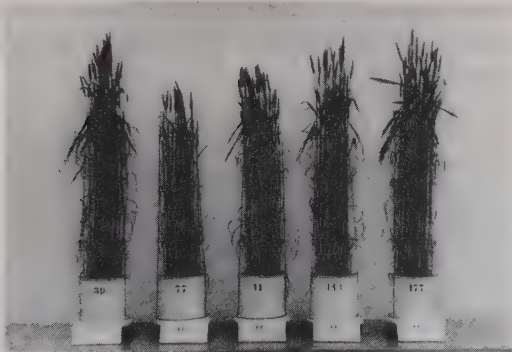


Abb. 3: Weizenpflanzen bei der XV. Ernte,  
von links nach rechts: Varianten 1-5

|           |           |             |         |
|-----------|-----------|-------------|---------|
| Gefäß-Nr. | 27 / 39   | $N_3P_3K_3$ | (Var.1) |
|           | 59 / 77   | $N_3P_3K_1$ | (Var.2) |
|           | 91 / 113  | $N_3P_3K_2$ | (Var.3) |
|           | 123 / 143 | $N_3P_1K_3$ | (Var.4) |
|           | 155 / 177 | $N_3P_2K_3$ | (Var.5) |

### 3. Einfluß der Phosphat- und Kaliumversorgung auf:

#### a. Frischerträge (Abb. 4 und 5, Tabelle 1 im Anhang)

Die Frischgewichte steigen in den ersten Stadien des Wachstums bei allen fünf Varianten ziemlich steil an und erreichen ihre Höchstwerte zu der Zeit der XI. Ernte, also zu dem Zeitpunkt des Blühbeginns.

Die Höchstwerte für Frischgewicht betragen bei Variante 1 = 20,7g, bei Variante 2 = 12,0g, bei Variante 3 = 16,0g, bei Variante 4 = 16,4g und bei Variante 5 = 19,6g je Pflanze.

Bei Variante 3 wird der Höchstwert deutlich später erreicht als bei Variante 1; bei Variante 2 bleibt es über einen längeren Zeitraum ziemlich konstant. Danach sinken die Frischgewichte wegen des zunehmenden Absterbens der Pflanzenteile und hoher Wasserverluste durch das Austrocknen ab. Die unzureichende Kaliumversorgung in Varianten 2 und 3 wirkt sich auf das Frischgewicht stärker aus als die reduzierten Phosphatgaben bei Varianten 4 und 5.

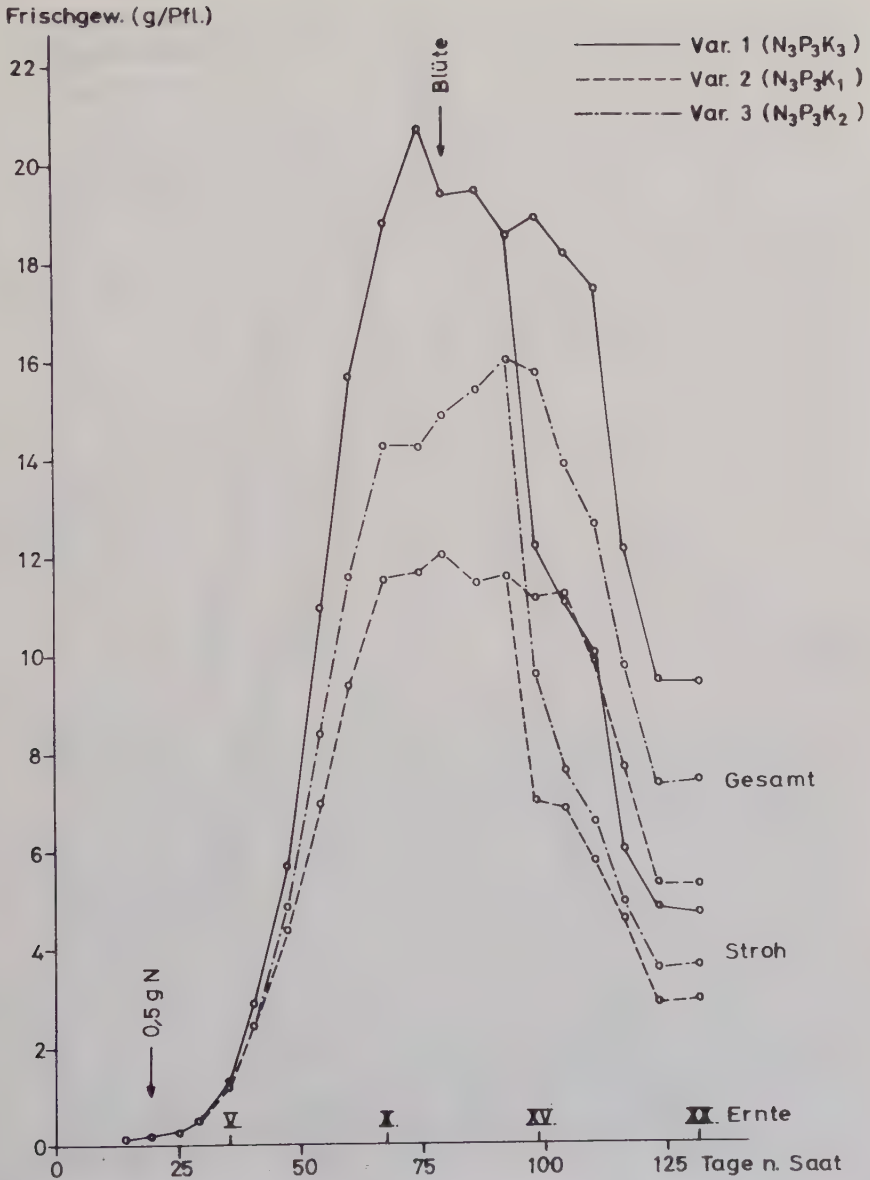


Abb. 4: Frischgewichte des Sommerweizens während der Vegetation in Abhängigkeit von der Kaliumversorgung (Versuch 1970)

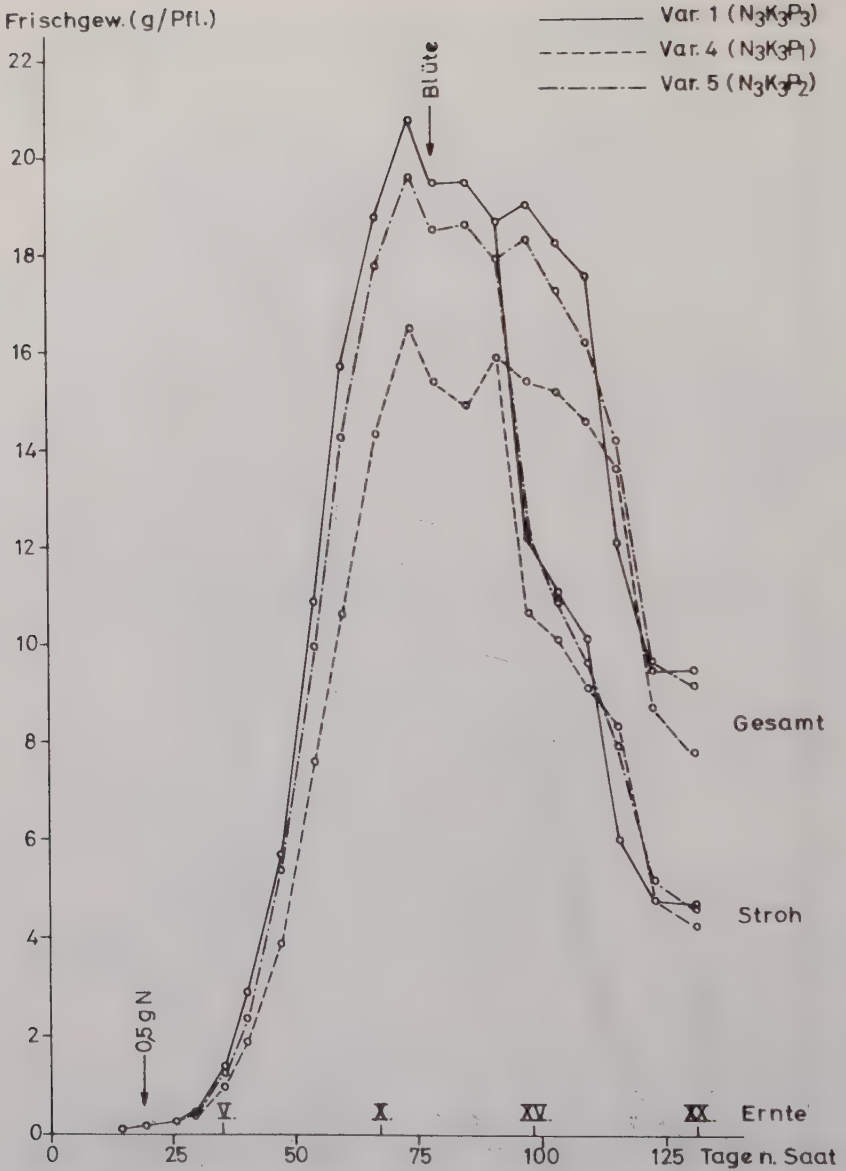


Abb. 5: Frischgewichte des Sommerweizens während der Vegetation in Abhängigkeit von der Phosphatversorgung (Versuch 1970)

b. Trockenerträge (Abb. 6-9, Tabelle 2 und 3)

Auch die Trockenerträge zeigen deutliche Unterschiede in Abhängigkeit von der Höhe der P- und K-Gaben. Bei den ersten fünf Ernten sind die Werte noch annähernd gleich. Erst ab der VI. Ernte machen sich Unterschiede bemerkbar. Der steile Anstieg der Trockenerträge bis zur XVII. Ernte (110 Tage nach der Saat) ist bei allen fünf Varianten zu verzeichnen. Die Höchsterträge sind unterschiedlich und erfahren zum Schluß wieder eine leichte Abnahme, die durch Blattverluste und möglicherweise auch Auswaschungs- und Atmungsverluste verursacht worden ist.

Der Verlauf der Trockenertragskurven entspricht, wie aus den entsprechenden Abbildungen ersichtlich wird, dem S-förmigen Verlauf der Zeitertragskurve nach Mitscherlich.

Die erzielten Enderträge (Stroh + Korn) betragen bei Variante 1 = 7,3g, bei Variante 2 = 4,1g, bei Variante 3 = 6,0g, bei Variante 4 = 6,0g und bei Variante 5 = 7,2g Trockenertrag je Pflanze.

Die entsprechenden Kornerträge bei der Reife sind 3,0 - 1,4 - 2,4 - 2,1 und 2,9g je Pflanze.

Die Erträge an Frisch- und Trockenmasse lassen also einen deutlichen Einfluß unzureichender Kalium- (Var.2 und 3) und Phosphatversorgung (Var.4 und 5) erkennen, allerdings ist die Wirkung einer reduzierten Kaliumdüngung wesentlich stärker als es beim Phosphat der Fall ist.

Die Zuwachsraten an Trockensubstanz je Pflanze und Tag in Abhängigkeit von der K- und P-Versorgung, wie sie in Abbildungen 8 und 9 dargestellt sind, machen deutlich, daß die höchsten Zuwachsraten an Trockensubstanz (siehe Durchschnittskurve, die zur Vereinfachung aus den Mittelwerten von jeweils vier aufeinanderfolgenden Ernten gezeichnet wurde) bei Var.1 (Kontrolle) mit 135,0 mg je Pflanze und Tag zwischen der X. und XI. Ernte, also zur Zeit des Ährenschiebens und Beginn der Blüte erzielt werden. Die Maxima der Zuwachsraten

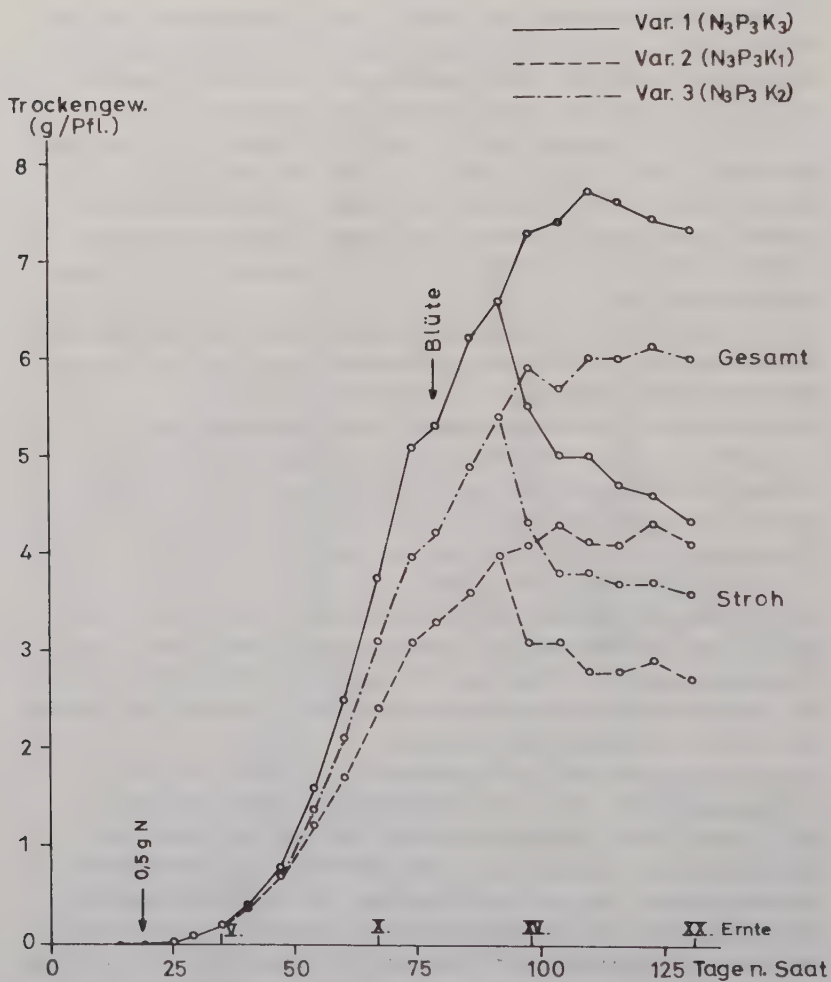


Abb. 6: Trockengewichte des Sommerweizens während der Vegetation in Abhängigkeit von der Kaliumversorgung (Versuch 1970)

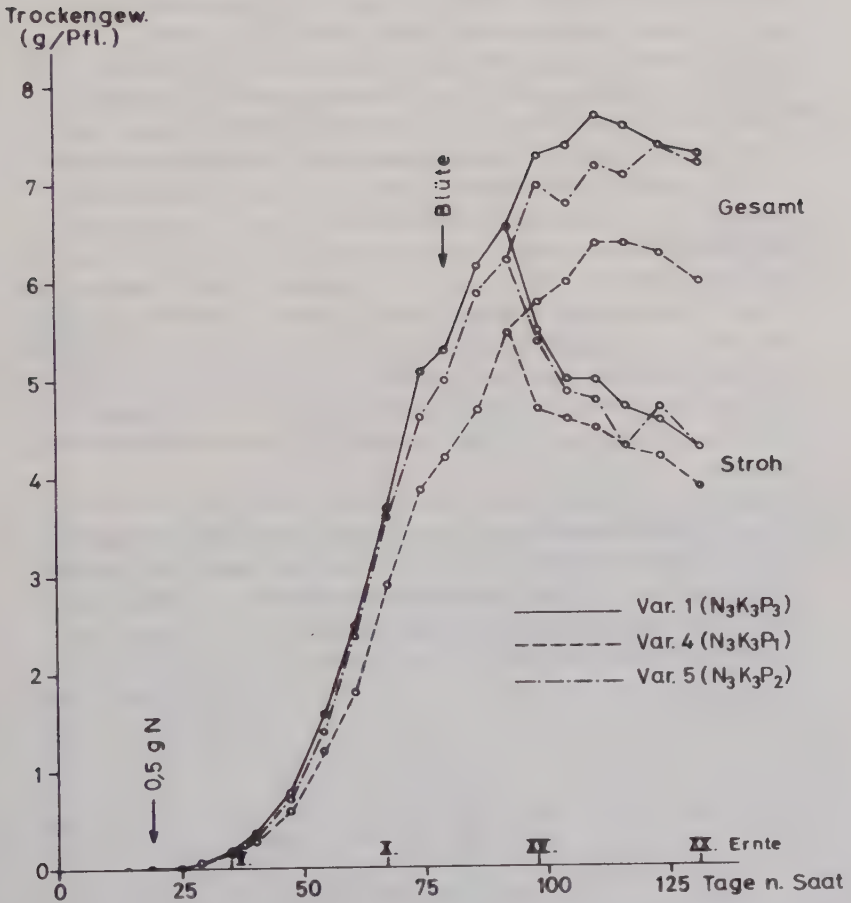


Abb. 7: Trockengewichte des Sommerweizens während der Vegetation in Abhängigkeit von der Phosphatversorgung (Versuch 1970)

bleiben bei Var.2 (0,3g  $K_2O$ ) mit 70,7 mg, bei Var.3 (0,6g  $K_2O$ ) mit 102,9 mg, bei Var.4 (0,3g  $P_2O_5$ ) mit 107,9 mg und bei Var.5 (0,6g  $P_2O_5$ ) mit 130,7 mg pro Pflanze und Tag insbesondere im Falle des Kaliums weit hinter der Var.1 zurück. Zu ähnlichen Ergebnissen hinsichtlich des Ertrages an Trockenmasse sind bereits früher zahlreiche Autoren gelangt. So konnte NEHRING (1945) bei Gefäßversuchen mit Hafer feststellen, daß durch steigende Kaliumdüngung der Ertrag merklich zunahm.

PFAFF und KEESE (1941) erzielten bei Gefäßversuchen mit Gerste durch erhöhte K-Gaben wesentliche Ertragssteigerungen.

Auch SCHMITT und SCHINEIS (1941) fanden eine günstige Ertragsbeeinflussung von Korn und Stroh durch erhöhte K-Gaben bei Gefäßversuchen mit Gerstenpflanzen.

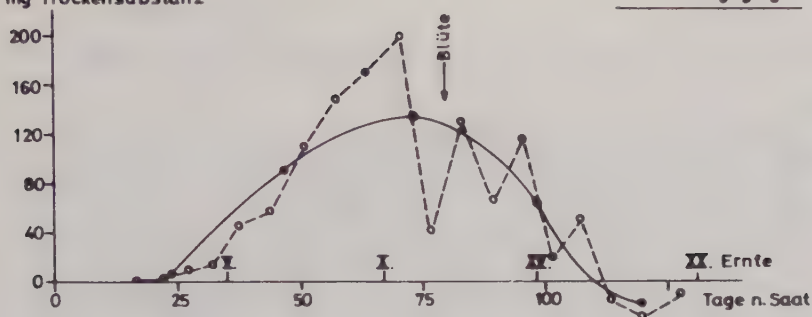
LAL und SUBBA RAO (1960) berichten, daß sich eine ungenügende K- und P-Versorgung ungünstig auf die Trockensubstanzbildung von Mais- und Reispflanzen auswirkten.

In Untersuchungen von JESSEN (1949), SCHMALFUSS (1951) und LI, CH-I CHENG und Mitarb. (1966) wurde bei Ölräuke und Getreide die Ertragsbildung durch unzureichende P-Versorgung gehemmt.

Auf Grund der Überlegungen von LINSER (1967) kann man annehmen, daß die Ursache für die erniedrigten Erträge bei P- und K-Mangel im Fehlen einer ausreichenden Menge an lebendem System und damit ungenügender Produktsynthese zu erblicken ist. Zweck der vorliegenden Untersuchungen war es zu zeigen, ob diese Vermutungen zutreffen oder nicht.

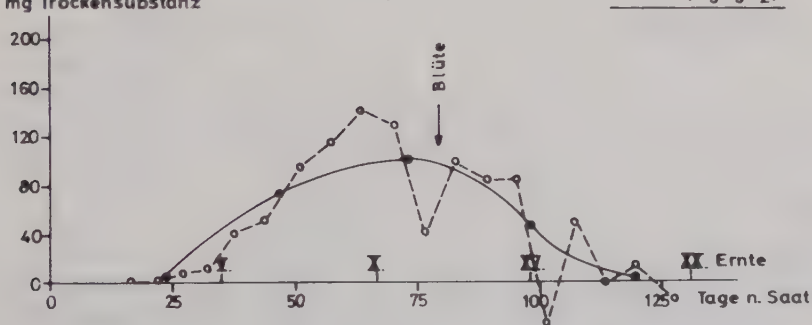
mg Trockensubstanz

Var. 1 ( $N_3P_3K_3$ )



mg Trockensubstanz

Var. 3 ( $N_3P_3K_2$ )



mg Trockensubstanz

Var. 2 ( $N_3P_3K_4$ )

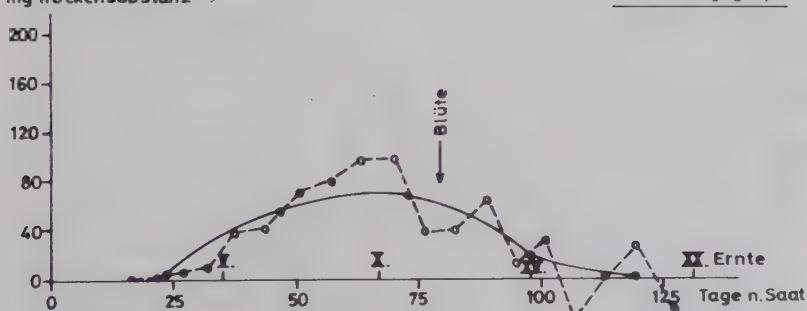


Abb. 8: Zuwachsraten an Trockenmasse (mg je Pflanze und Tag) in Abhängigkeit von der Kaliumversorgung (Versuch 1970)

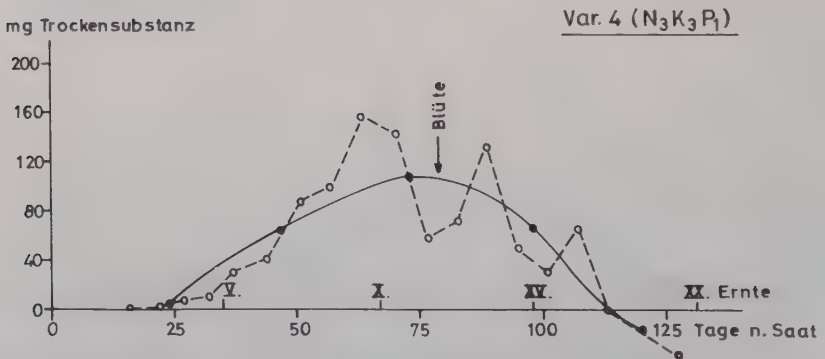
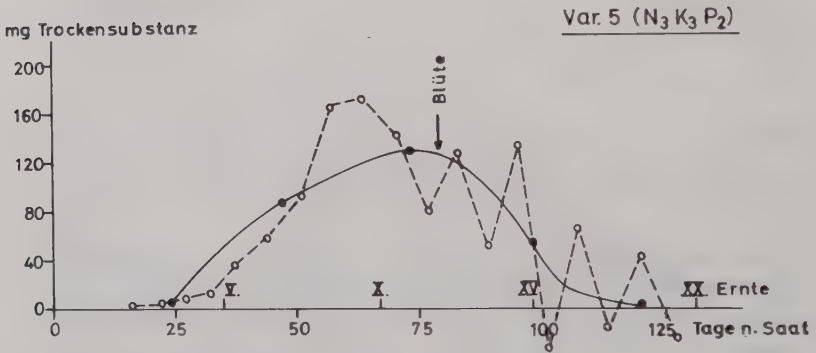
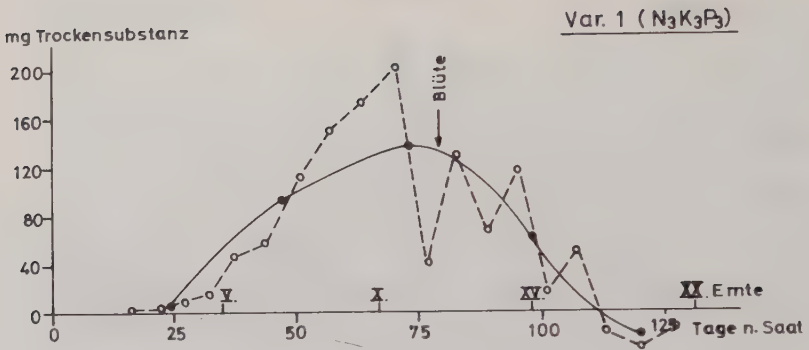


Abb. 9: Zuwachsraten an Trockenmasse (mg je Pflanze und Tag)  
in Abhängigkeit von der Phosphatversorgung (Versuch 1970)

c) Roh- und Reinproteingehalte (Abb. 10-13, Tabelle 4 und 5)

Die Bestimmung des Rohproteingehaltes im Pflanzenmaterial erfolgte nach KJELDAHL. Es wird das trockene Pflanzenmaterial zunächst mit  $\text{H}_2\text{SO}_4$  konz. ( $s = 1,84$ ) und Selenreaktionsgemisch aufgeschlossen und anschließend nach Zugabe von 40 %igem NaOH einer Wasserdampfdestillation unterworfen. Der in Form von Ammoniumsulfat gebundene Stickstoff gelangt als Ammoniak in eine vorbereitete Salzsäurevorlage. Der entstandene Säureverlust der Vorlage durch Neutralisation wird titrimetrisch bestimmt, dann der N-Gehalt rechnerisch ermittelt. Zur Ermittlung des Rohproteingehaltes werden die Werte für den N-Gehalt mit dem Faktor 6,25 multipliziert. Die prozentualen Anfangswerte für Rohprotein in der Trockensubstanz liegen bei den Varianten 1, 4 und 5 (Kontrolle - 0,3g  $\text{P}_2\text{O}_5$  - 0,6g  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) mit etwa 45 % Rohprotein auf gleicher Höhe. Diese Werte fallen bis zur II. Ernte (19 Tage nach der Saat) rasch ab. Während der nächsten Ernten bildet sich dann ein annähernd konstanter Wert aus, der bei Variante 1 etwa 38 %, bei Variante 4 etwa 35 % und bei Variante 5 etwa 37 % ausmacht. Ab V. Ernte fallen die Rohproteingehalte wieder rasch ab und gleichen sich einander an. Sie betragen zu dem Zeitpunkt der letzten Ernte im Stroh bei Variante 1 2,8 %, bei Variante 4 2,7 % und bei Variante 5 2,6 % und im Korn der gleichen Reihenfolge 11,3%, 14,4% und 12,8%.

Insgesamt hat die unterschiedliche P-Versorgung der Weizenpflanzen nicht zu nennenswerten Unterschieden im Rohproteingehalt der vegetativen Pflanzenteile geführt, im Korn wirkte sich P-Mangel erhöhend auf den Rohproteingehalt aus. Für normal versorgte Pflanzen fanden SKIRDE (1968) und CRÖSS-MANN (1967) eine ähnliche Abnahme des Rohproteingehaltes im Verlauf der Vegetation bei Mais und Hafer, wie sie in den vorliegenden Versuchen bei der Kontrolle beobachtet wurde,

Im Gegensatz zu den vorliegenden Ergebnissen fand MUNK (1966) bei seinen Untersuchungen an Wiesenfutter, daß der Rohproteingehalt der Pflanzen bei einer mangelhaften P-Versorgung erniedrigt wurde.

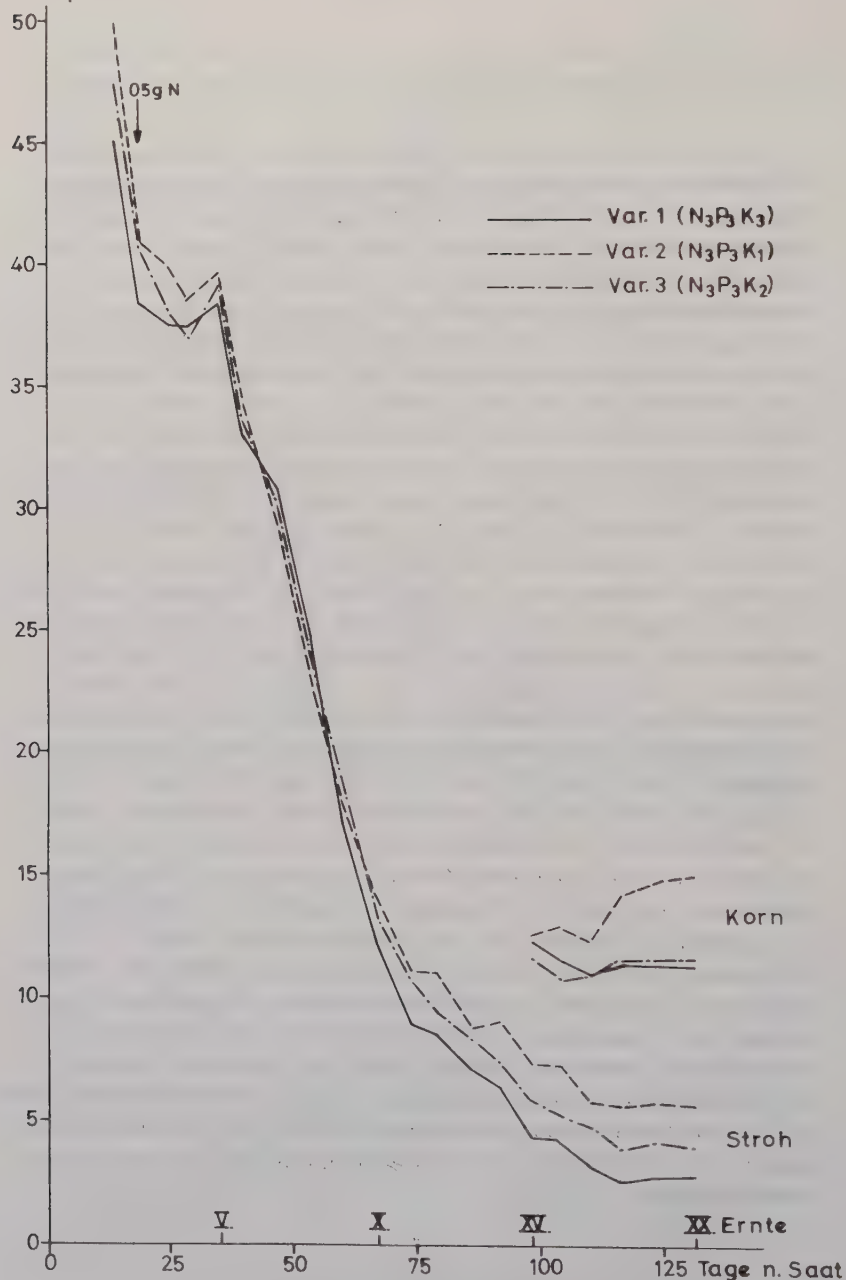


Abb. 10: Rohproteingehalte des Sommerweizens (in % der T.S.) in Abhängigkeit von der Kaliumversorgung (Versuch 1970)

% Rohprotein i.d.T.S.

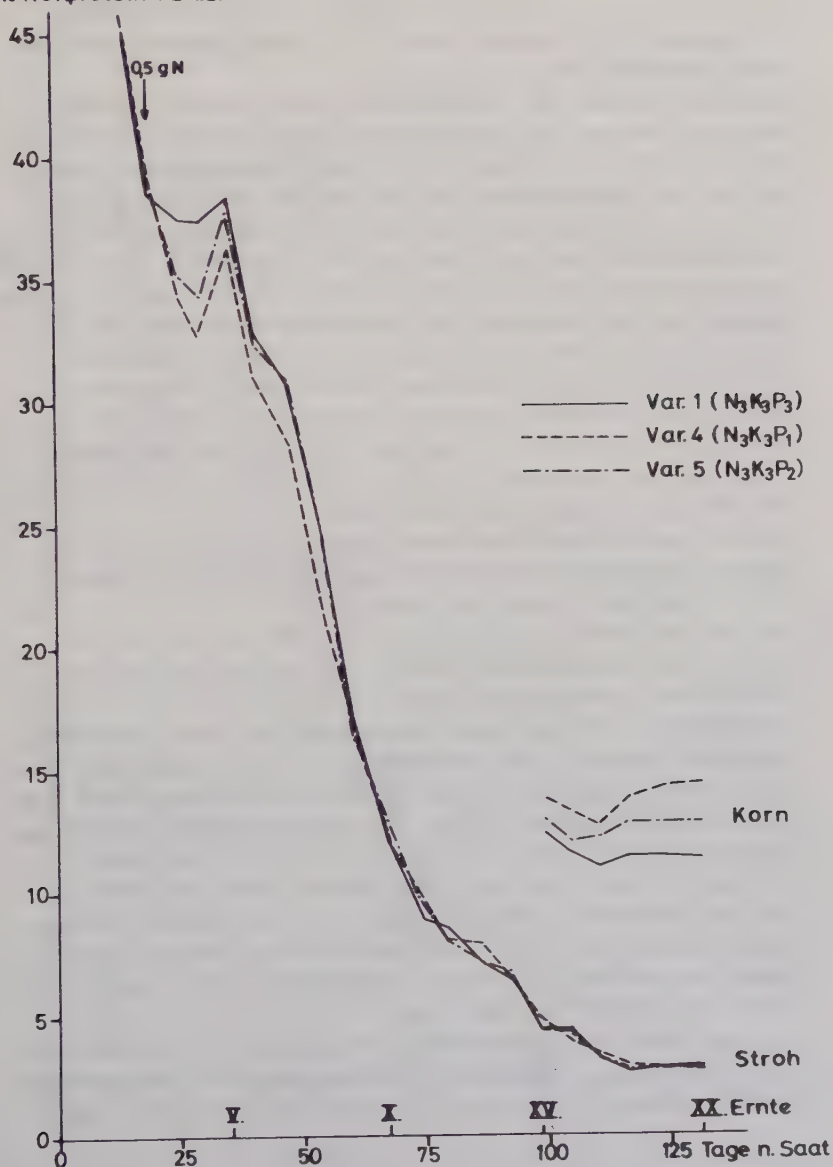


Abb. 11: Rohproteingehalte des Sommerweizens (in % der T.S.) in Abhängigkeit von der Phosphatversorgung (Versuch 1970)

Nach LI, CH'I-CHENG und Mitarb. (1966) soll eine mangelhafte P-Versorgung bei Gerstenpflanzen den Gehalt an Rohprotein im Stroh ungünstig beeinflussen.

Anders ist es bei den K-Varianten. Hier liegen die Anfangswerte bei Variante 2 (0,3g K<sub>2</sub>O) mit 49,9% und der Variante 3 (0,6g K<sub>2</sub>O) mit 47,5% Rohprotein in der Trockensubstanz höher als bei der Kontrolle mit 45%. Sie sinken ebenfalls zunächst rasch ab und nehmen dann bis zur V. Ernte einen gleichbleibenden Wert von 39,6% bei Variante 2 und 38,9% bei Variante 3 an (Kontrolle 38,3%). Ab der V. Ernte nähern sich die Gehalte einander an und fallen wie bei den P-Varianten stark ab. Ab der XI. Ernte ergeben sich dann für die K-Mangelvarianten (Var.2 und 3) erhöhte Rohproteingehalte, die bis zum Ende der Vegetation bestehen bleiben. Zum Zeitpunkt der Vollreife betragen sie im Stroh bei Variante 1 = 2,8%, bei Variante 2 = 5,7% und bei Variante 3 = 4,0%. Die entsprechenden Werte für Korn sind 11,3%, 15,0% und 11,6%.

Während ungenügende Phosphatversorgung lediglich im Korn zu höheren Rohproteingehalten führt, ergeben sich bei K-Mangel erhöhte Gehalte in Korn und Stroh.

Eine unzureichende K-Versorgung beeinflusst nach Angaben von KURSANOV und VYSKREBENCEVA (1967) die Protein- und Nukleinsäuresynthese bei Kürbispflanzen ungünstig.

Das Rohprotein besteht neben Reinprotein u.a. aus N-haltigen Substanzen (Amiden), die wahrscheinlich keine Lebensfunktionen in der Pflanze ausüben können und aus diesem Grunde nicht zum System gerechnet werden können. Die Ermittlung des Rohproteins ist deshalb nicht ausreichend, weil der Anteil des Reinproteins und der N-haltigen Verbindungen nicht eiweißartiger Natur an Rohprotein starken Schwankungen unterliegt. Da aber der Reinproteingehalt als Maß für die Menge lebentragender Strukturen Geltung hat, ist es erforderlich, den Reinproteingehalt der Pflanzen zu ermitteln.

Die Bestimmung des Reinproteins erfolgte nach der Methode von Stutzer-Barstein (NEHRING 1960): Es werden 2g Trockensubstanz mit 50 ml Wasser aufgeköcht, mit 25 ml 6%iger Kupfersulfat-

% Reinprotein i. d. T.S.

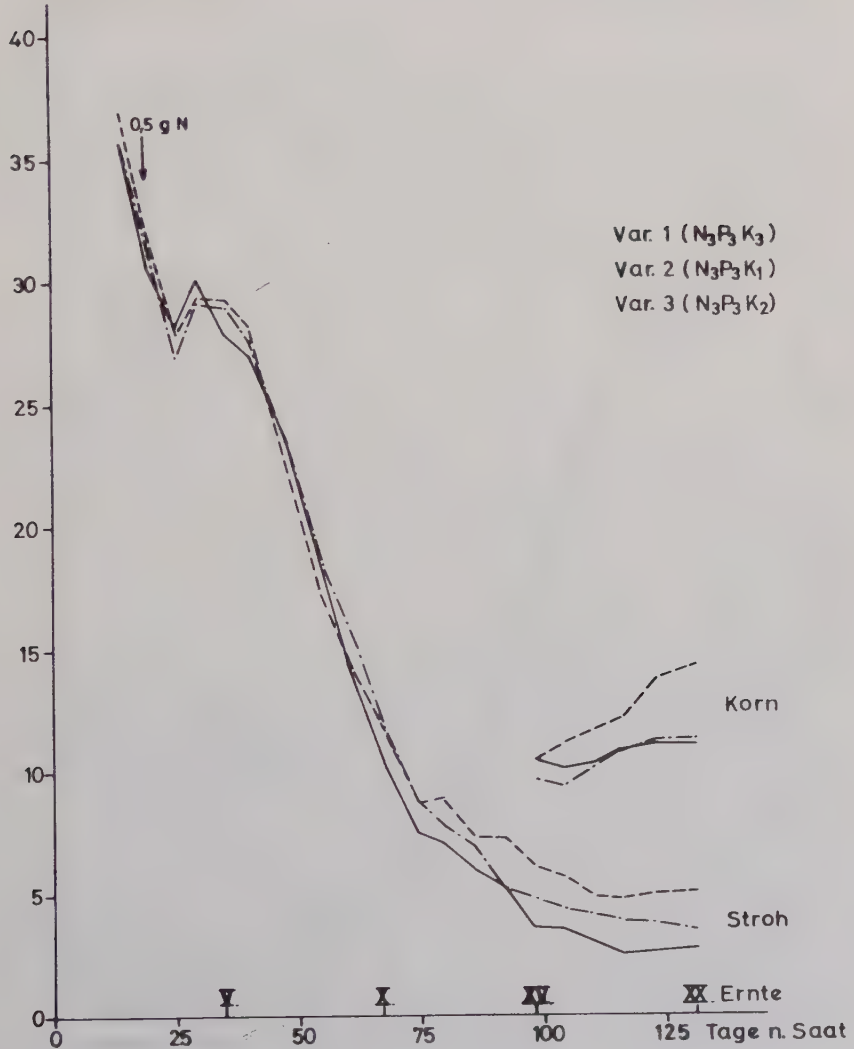


Abb. 12: Reinproteingehalte des Sommerweizens (in % der T.S.)  
in Abhängigkeit von der Kaliumversorgung (Versuch 1970)

% Reinprotein i. d. T.S.

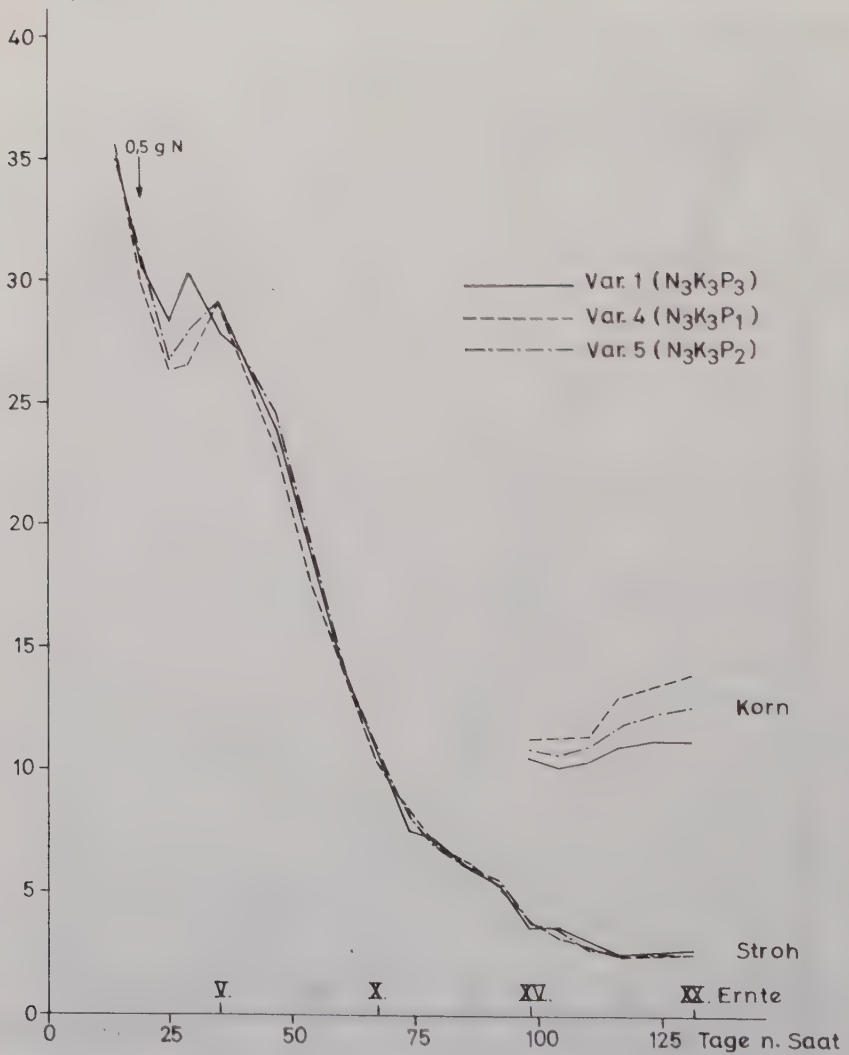


Abb. 13: Reinproteingehalte des Sommerweizens (in % der T.S.) in Abhängigkeit von der Phosphatversorgung (Versuch 1970)

lösung, danach mit 25 ml 1,25%iger Natronlauge versetzt und der entstandene Niederschlag nach 12 Stunden durch Abfiltrieren von den in Lösung verbliebenen N-haltigen Stoffen, überwiegend Amidn, getrennt. Der N-Gehalt im Niederschlag wird dann nach Kjeldahl bestimmt.

Die Anfangsgehalte für Reinprotein sinken zunächst bis zum 25. Wachstumstag stark ab. Im Anschluß an diesen Abfall wird nach vorübergehendem geringem Anstieg eine Phase der etwa konstantbleibenden Rohproteingehalte bis zum 40. Wachstumstag deutlich. Dieser vorübergehende Anstieg und die anschließende Konstanz der Werte sind sehr wahrscheinlich auf die N-Gabe bei der II. Ernte zurückzuführen. Danach erfolgt wieder ein rascher Abfall der Werte bis zum 100. Wachstumstag (XV. Ernte). Von diesem Zeitpunkt an bis zur Vollreife sinken die Werte im Stroh nur noch geringfügig ab. Am Ende der Vegetation betragen die Reinproteingehalte im Stroh für Variante 1 2,7%, Variante 2 5,1%, Variante 3 3,5%, Variante 4 und 5 2,5%. Wie beim Rohprotein wirkt sich also auch beim Reinprotein etwa von der XI. Ernte an die unterschiedliche Kaliumversorgung sehr deutlich auf den Reinproteingehalt des Strohs aus. Im Korn ergeben sich insbesondere bei Variante 2, aber auch bei Varianten 4 und 5 deutlich erhöhte Gehalte an Reinprotein.

Das Reinprotein in den Körnern, das nicht zum lebenden System gezählt und als Reserveeiweiß (ruhendes System) bezeichnet wird, erfährt von Beginn der Kornausbildung bis zur Vollreife einen leichten Anstieg. Die Reinproteingehalte betragen zu dieser Zeit bei Variante 1 = 11,1%, Variante 2 = 14,3%, Variante 3 = 11,3%, Variante 4 = 13,8% und Variante 5 = 12,5%. Der Gehalt des Rohproteins an Reinprotein ist, wie bereits angedeutet, im Verlauf der Vegetation wesentlichen Änderungen unterworfen. Er steigt z.B. bei der Variante 1 von der I. Ernte mit 78,3% auf 97,4% bei der Vollreife an, d.h., daß bei der Reife Rohprotein und Reinprotein praktisch identisch sind. Aber auch zwischen den einzelnen Varianten bestehen deutliche Unterschiede. Das gilt vor allem für Variante 2, wo im gesamten Verlauf der Vegetation der Anteil des Reinproteins an Rohprotein wesentlich niedriger ist als bei der

Rohprotein (mg/Pfl.)

- 32 -

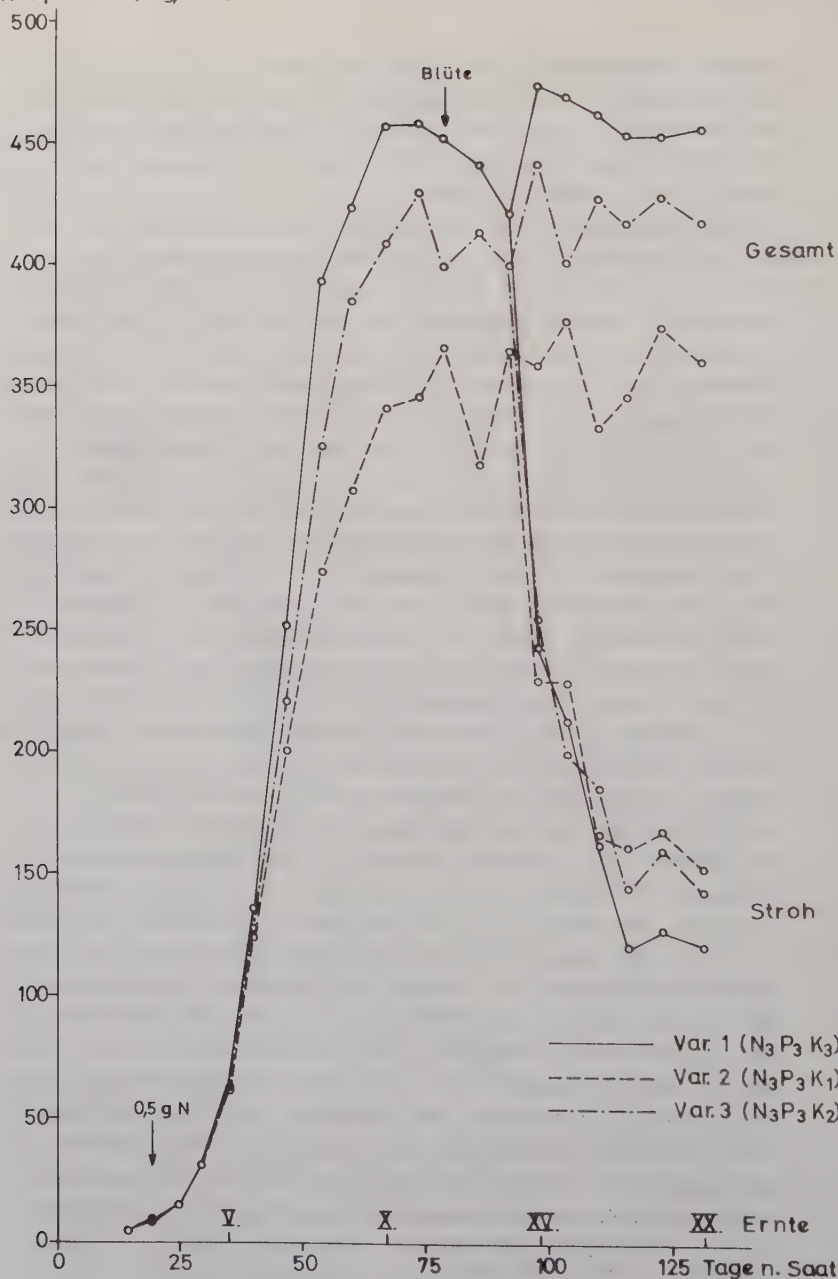


Abb. 14: Rohproteinmengen des Sommerweizens (mg/Pflanze) in Abhängigkeit von der Kaliumversorgung (Versuch 1970)

Rohprotein (mg/Pfl.)

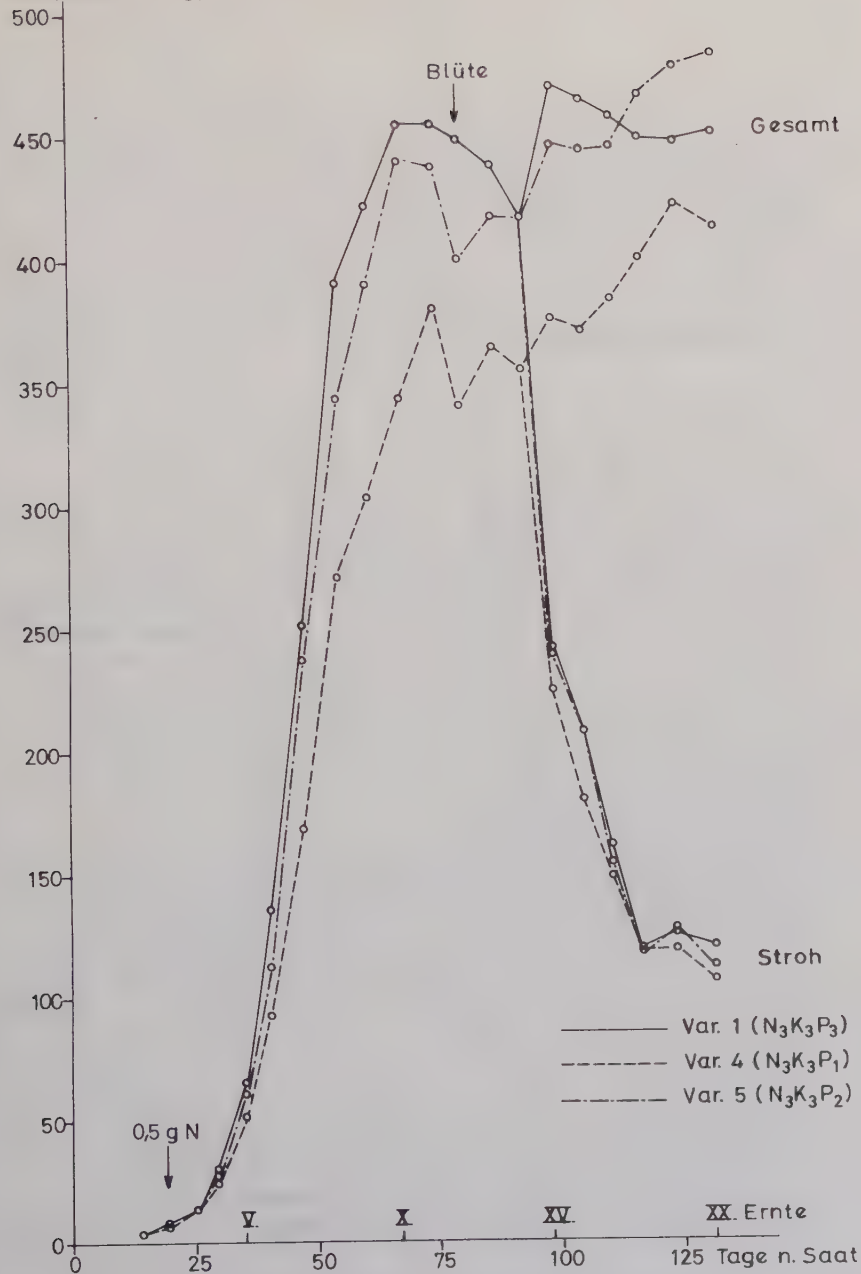


Abb. 15: Rohproteinmengen des Sommerweizens (mg/Pflanze) in Abhängigkeit von der Phosphatversorgung (Versuch 1970)

Kontrolle, d.h., daß hier der Gehalt an N-haltigen nicht eiweißartigen Verbindungen besonders hoch ist. Offensichtlich war bei schlechter Kaliumversorgung die Reinproteinsynthese gehemmt (siehe Tabelle 8).

d. Roh- und Reinproteinerträge (Abb. 14-17, Tabelle 6 und 7)

Durch Multiplikation der Rohproteingehalte mit dem Trockenertrag wurden die Rohproteinmengen je Pflanze errechnet. Sie steigen bei allen fünf Varianten zunächst gleichmäßig bis zum 25. Wachstumstag an. Danach setzt eine Periode der verstärkten Rohproteinsynthese in der Pflanze ein, die bis zur IX. Ernte andauert. Während dieser Zeit ist bereits eine deutliche Abstufung bei den einzelnen Varianten festzustellen. Die höchste Rohproteinmenge je Pflanze am Ende dieser Periode ergibt sich bei Variante 1 mit 456,6 mg, während die Varianten 2 und 3 Höchstwerte von 365,2 mg und 429,4 mg und die Varianten 4 und 5 Höchstwerte von 382,2 mg und 441,0 mg Rohprotein je Pflanze aufweisen. Es ergibt sich also eine deutliche Abhängigkeit zwischen Höhe der P- und K-Versorgung und den Rohproteinmengen je Pflanze.

Im Anschluß daran folgt eine Phase der annähernd gleichbleibenden Rohproteinerträge, die etwa drei Wochen andauert. Danach beginnt eine Periode des Rohproteinabbaus im Stroh und gleichzeitigen Aufbaus in den Körnern, die sich bis zur Vollreife erstreckt. Hier betragen die Rohproteinerträge pro Pflanze im Stroh bei Variante 1 = 120,3 mg, Variante 2 = 152,0 mg, Variante 3 = 142,0 mg, Variante 4 = 105,6 mg und Variante 5 = 110,8 mg.

Bei der Vollreife enthalten die Körner einer einzelnen Pflanze folgende Mengen an Rohprotein: Variante 1 = 332,9 mg, Variante 2 = 205,8 mg, Variante 3 = 273,2 mg, Variante 4 = 309,2 mg und Variante 5 = 374,4 mg. Bemerkenswert ist der hohe Wert bei Variante 5 (mäßige P-Versorgung).

Reinprotein (mg/Pfl.)

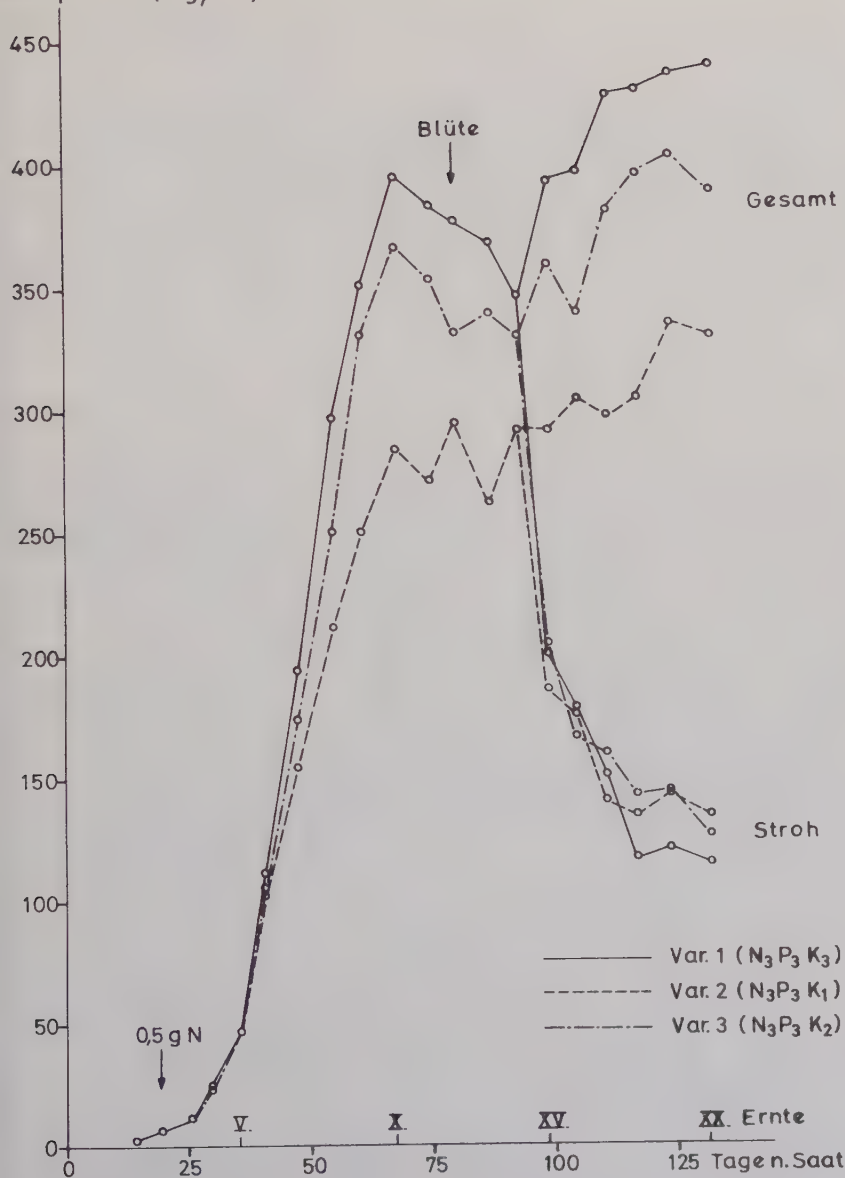


Abb. 16: Reinproteinmengen des Sommerweizens (mg/Pflanze) in Abhängigkeit von der Kaliumversorgung (Versuch 1970)

Reinprotein (mg/Pfl.)

- 36 -

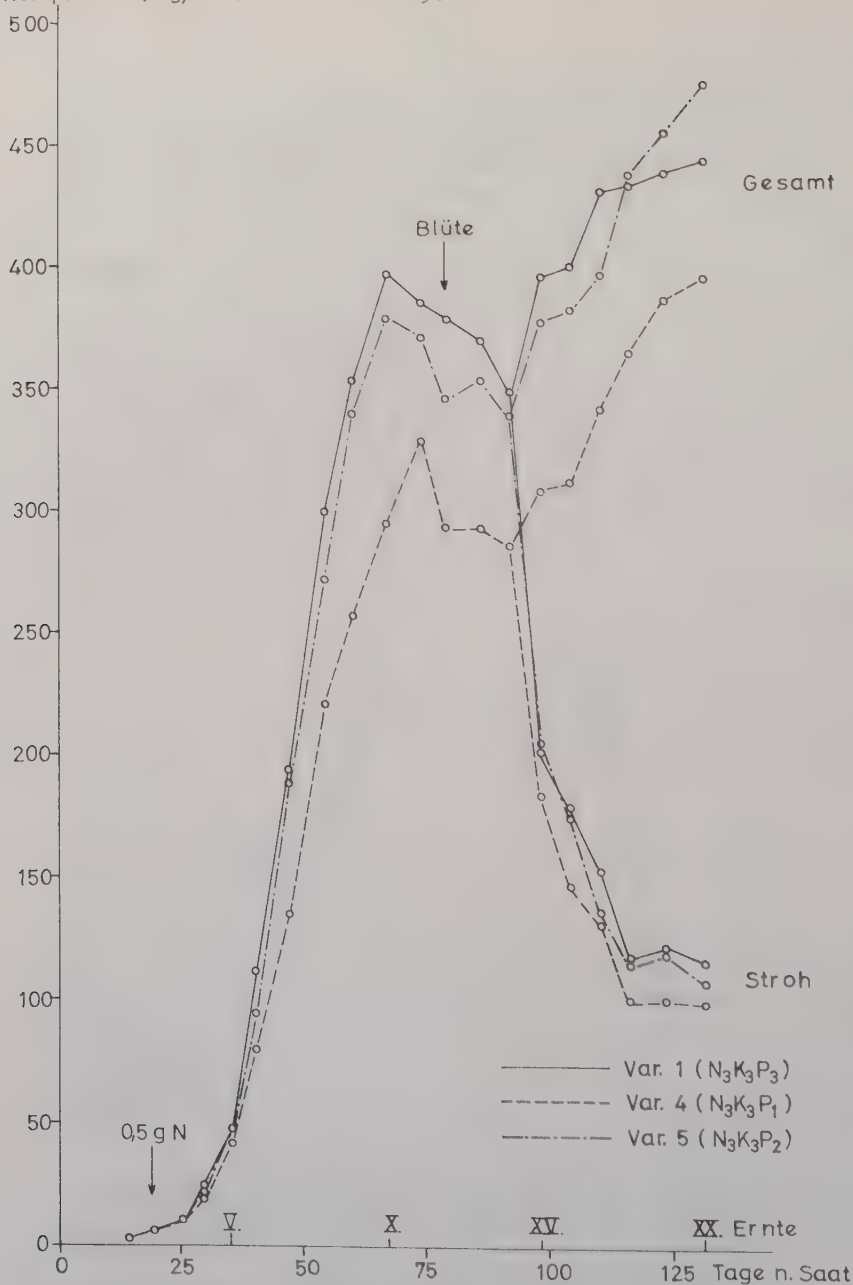


Abb. 17: Reinproteinmengen des Sommerweizens (mg/Pflanze) in Abhängigkeit von der Phosphatversorgung (Versuch 1970)

Da das Reinprotein in den vegetativen Teilen der Pflanze als deren Produktionskapazität angesehen werden kann, ist diesen Werten besondere Bedeutung beizumessen.

Im Jugendwachstum unterscheiden sich die Reinproteinmengen je Pflanze bei allen fünf Varianten nur wenig. Vom 25. bis zum 67. Wachstumstag (X. Ernte) ergibt sich ein schneller Anstieg, allerdings für die einzelnen Varianten unterschiedlich stark. Variante 1 (Kontrolle) weist zu diesem Zeitpunkt den höchsten Wert mit 396,4 mg Reinprotein pro Pflanze auf. Die beiden P-Mangelvarianten 4 und 5 zeigen Werte von 328,6 mg und 379,2 mg und die K-Mangelvarianten 2 und 3 Werte von 284,8 mg und 368,0 mg, woraus die Wirkung einer ungenügenden P- und K-Versorgung auf den Reinproteinertrag je Pflanze deutlich hervorgeht.

Von diesem Zeitpunkt an besteht hinsichtlich der Reinproteinmengen je Pflanze eine leicht absinkende Tendenz bis zum 92. Wachstumstag. Danach beginnt ein starker Abbau des Reinproteins im Stroh und gleichzeitiger Aufbau in den Körnern. Die am Ende der Vegetation ermittelten Werte für Reinprotein je Pflanze im Stroh betragen bei Variante 1 114,8 mg, Variante 2 133,9 mg, Variante 3 126,2 mg, Variante 4 98,8 mg und Variante 5 107,4 mg. Die Körner einer einzelnen Pflanze enthalten bei der Vollreife folgende Mengen an Reinprotein: Variante 1 = 327,0 mg, Variante 2 = 197,0 mg, Variante 3 = 264,6 mg, Variante 4 = 295,7 mg und Variante 5 = 366,3 mg. Bemerkenswert ist der hohe Wert bei Variante 5 (mäßige P-Versorgung).

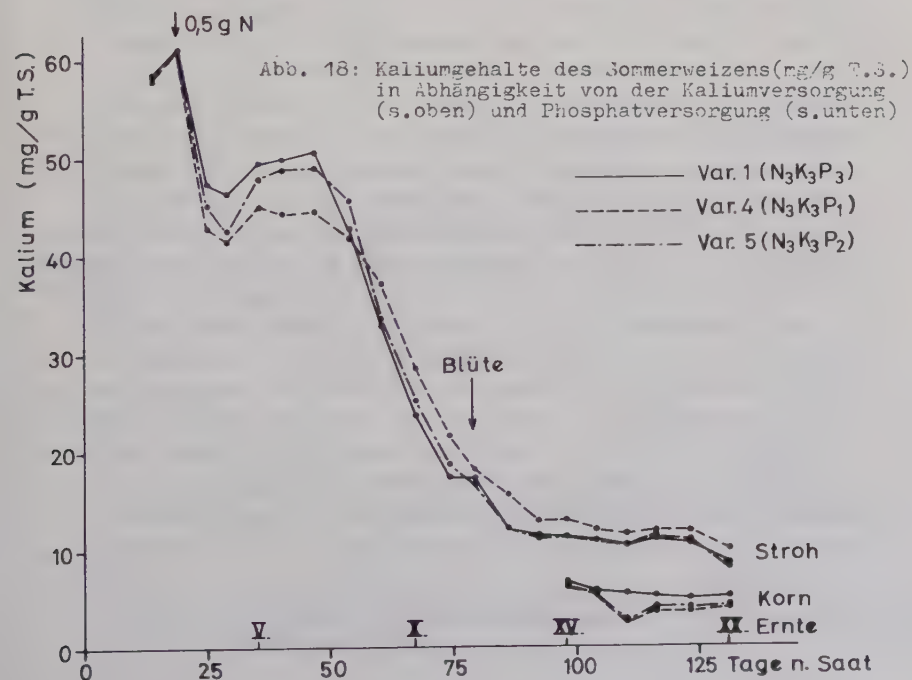
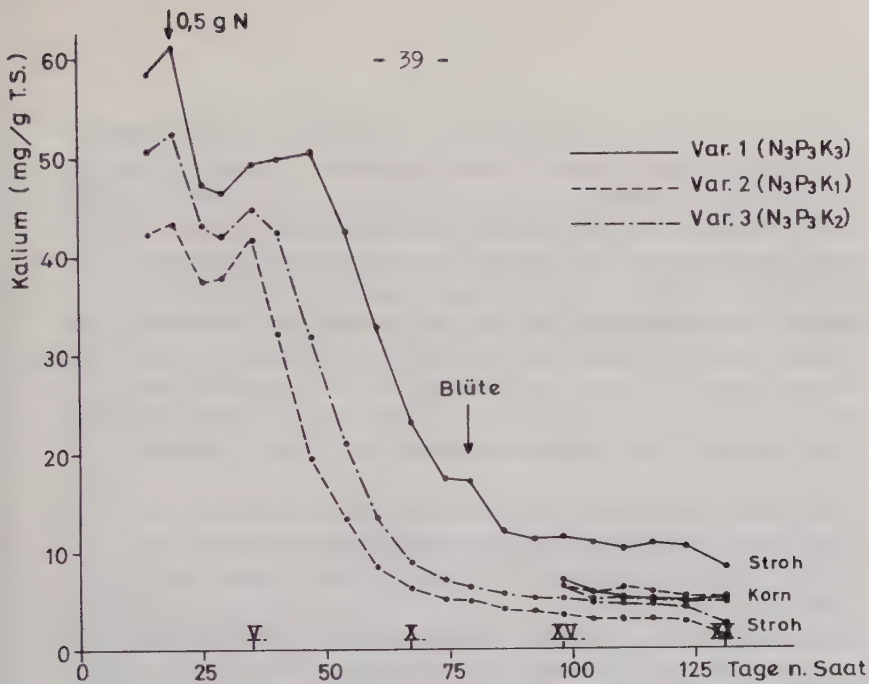
Diese Werte lassen erkennen, daß bei den Kaliummangelpflanzen die Umlagerung von Reinprotein aus dem Stroh in das Korn nicht so weitgehend erfolgt, wie bei normal ernährten Pflanzen. Diese Erscheinung ist bei Phosphormangelpflanzen nicht zu beobachten, eher eine gegenteilige Tendenz.

Um die Bedeutung von Kalium und Phosphor für die Ausbildung des lebenden Systems in der Pflanze und seine Syntheseleistung beurteilen zu können, war es notwendig, auch den Gehalt der Pflanzen an diesen beiden Nährstoffen bei unterschiedlicher Versorgung zu ermitteln.

e) Kaliumgehalte und -entzüge (Abb. 18-20, Tabelle 9 und 11)

Zu den gleichen Zeitpunkten und in den gleichen Proben, in denen Roh- und Reinprotein ermittelt wurden, erfolgte auch die Bestimmung des Kaliumgehaltes. Dabei wurde das trockene Pflanzenmaterial bei  $450^{\circ}\text{C}$  in Porzellantiegeln trocken verascht. Die Asche wurde mit aqua dest. angefeuchtet, mit 5 ml  $\text{HNO}_3$  (1:2) zum Sieden erhitzt, mit heißem aqua dest. durch Weißbandfilter in einen 100 ml Kolben filtriert. In einem aliquoten Teil des Filtrates wurde dann mit Hilfe eines Atom-Absorptionsspektralphotometer (SP 90 der Fa. Leitz Unicam) das Kalium bestimmt (JUDEL und HEILENZ, 1969). Wie aus der Abb. 18 hervorgeht, nimmt der Kaliumgehalt im Verlauf der Vegetation in vegetativen Pflanzenteilen bei allen fünf Varianten ständig ab. Eine derartige Abnahme des Kaliumgehaltes während der Vegetationsperiode wurde auch von LASKE (1958), STEGER und Mitarb. (1961) berichtet. Den höchsten Gehalt an Kalium weist die Variante 1 ( $1,5\text{g P}_2\text{O}_5$  und  $2\text{g K}_2\text{O}$ ) in den ersten 20 Tagen des Wachstums mit durchschnittlich 60 mg Kalium pro Gramm Trockensubstanz auf, während die Höchstgehalte in diesem Zeitabschnitt bei Variante 2 ( $0,3\text{g K}_2\text{O}$ ) mit 43 mg und bei Variante 3 ( $0,6\text{g K}_2\text{O}$ ) mit 51 mg Kalium je Gramm Trockensubstanz zu verzeichnen sind. Nach einer raschen Abnahme des Gehaltes in den nächsten 6 Tagen bei allen drei Varianten beginnt eine vorübergehende Periode des konstanten K-Gehaltes, die bei Variante 1 22 Tage, bei Variante 2 10 Tage und bei Variante 3 15 Tage andauert. In der anschließenden Periode verträkrter Trockensubstanzbildung erfährt der Kaliumgehalt bis zum Ende der Vegetation zunächst eine rasche aber dann eine allmähliche Abnahme. Zur Zeit der Vollreife beträgt der Gehalt im Stroh bei Variante 1  $1/7$ , bei Variante 2  $1/25$  und bei Variante 3  $1/18$  des Anfangsgehaltes. In den generativen Pflanzenteilen sinkt der Kaliumgehalt von der XV. Ernte, wo die Körner erstmals isoliert werden konnten, bis zur Vollreife ab.

Varianten 4 ( $0,3\text{g P}_2\text{O}_5$ ) und 5 ( $0,6\text{g P}_2\text{O}_5$ ) unterscheiden sich



im K-Gehalt viel weniger von der Variante 1 als die Varianten 2 und 3. Die Anfangsgehalte sind annähernd gleich. In der Periode des konstanten K-Gehaltes (III. bis VII. Ernte) jedoch weist Variante 1 einen höheren K-Gehalt als Varianten 4 und 5 auf. Diese Periode des konstanten K-Gehaltes dauert bei Varianten 4 und 5 um etwa 7 Tage länger als bei Variante 1. In der darauffolgenden Periode des abnehmenden K-Gehaltes liegen von allen Varianten die Werte der Variante 4 in den vegetativen Pflanzenteilen bis zur Vollreife am höchsten, danach folgen Varianten 5 und 1. In den Körnern dagegen zeigt die Variante 1 den höchsten K-Gehalt, es folgen Varianten 4 und 5.

Auch PFAFF und KEESE (1941) fanden in Gefäßversuchen mit Gerste, daß durch steigende K-Gaben der prozentuale K-Gehalt des Strohens erheblich ansteigt, der K-Gehalt der Körner sich aber nur wenig verändert.

In Abb. 19 und 20 sind die K-Entzüge pro Pflanze dargestellt. Die Werte wurden durch Multiplikation des K-Gehaltes mit dem jeweiligen Ertrag ermittelt. Hier zeigen sich bei Varianten 1, 2 und 3 je nach der Höhe der K-Gabe deutliche Unterschiede schon nach den drei ersten Wochen. Zunächst ist ein steiler Anstieg der Entzugskurven bei allen drei Varianten zu beobachten, der bei Variante 1 79 Tage nach der Saat einen Höchstwert von 92 mg Kalium je Pflanze erreicht. Er beträgt bei Variante 3 54 Tage nach der Saat 30 mg Kalium je Pflanze. Bei Variante 2 geht der steile Anstieg bis zum 40. Wachstumstag und erreicht seinen Höchstwert mit 16 mg Kalium je Pflanze 54 Tage nach der Saat. Vom 54. bis 92. Tag nehmen die Varianten 2 und 3 praktisch kein Kalium mehr auf. Danach sinken die Werte in den vegetativen Pflanzenteilen durch Umlagerung in die generativen Teile langsam ab, wobei der Entzug insgesamt etwa konstant bleibt. Gegen Ende der Vegetation treten Kaliumverluste ein, so daß die Endentzüge unter den Höchstwerten liegen. Bei Variante 1 ist diese Abnahme bereits gleich nach dem Erreichen des Maximalwertes zur Zeit der vollen Blüte sowohl in den vegetativen Pflanzenteilen als auch insgesamt zu beobachten.

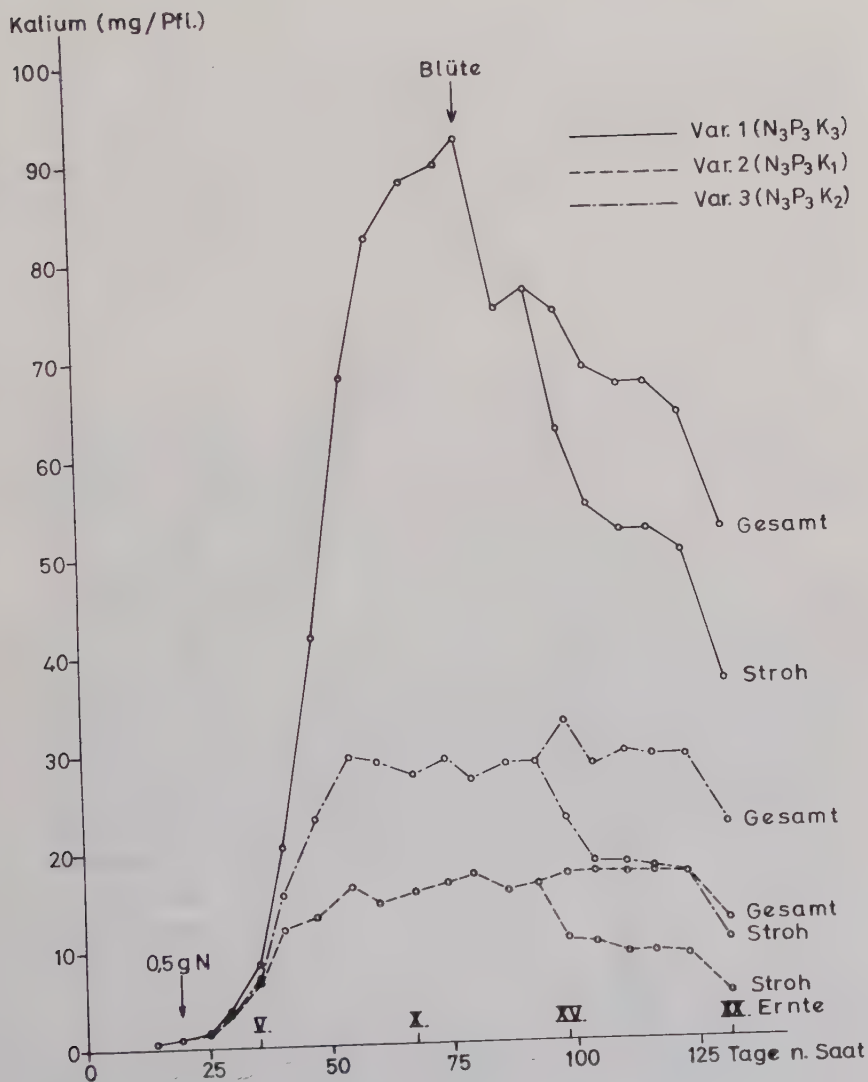


Abb. 19: Kaliumentzug bei Sommerweizen (mg/Pflanze) im Verlauf der Vegetation in Abhängigkeit von der Kaliumversorgung (Versuch 1970)

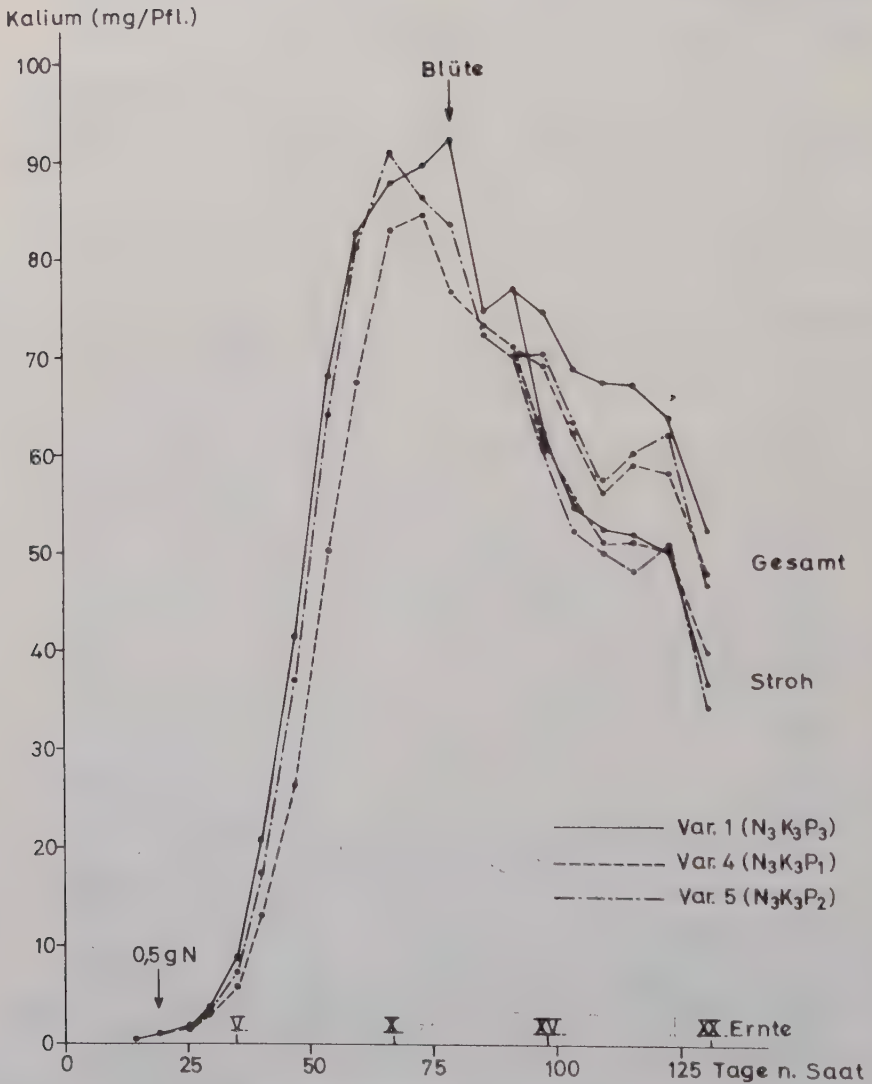


Abb. 20: Kaliumentzug bei Sommerweizen (mg/Pflanze) im Verlauf der Vegetation in Abhängigkeit von der Phosphatversorgung (Versuch 1970)

Bei den Phosphormangelvarianten (4 und 5) entspricht der Kurvenverlauf des Kalium-Entzuges dem der Variante 1, mit dem Unterschied, daß die Werte für Variante 4 insgesamt etwas tiefer liegen. Variante 5 nimmt eine Mittelstellung zwischen Variante 1 und 4 ein. Das Maximum der Kalium-Aufnahme wird bei Variante 4 mit 84 mg und bei Variante 5 mit 91 mg Kalium je Pflanze (Kontrolle mit 92 mg K je Pflanze) am 47. Tag, also etwa 7 Tage früher als bei Variante 1 erreicht.

In den generativen Teilen der Pflanze steigt der Kaliumentzug bei allen fünf Varianten von Beginn der Kornausbildung bis zum Ende der Vegetation nur geringfügig an. Er erreicht sein Maximum bei der Vollreife und zwar in Variante 1 mit 15,6 mg, Variante 2 mit 7,4 mg, Variante 3 mit 12,2 mg, Variante 4 mit 8,2 mg und Variante 5 mit 12,5 mg Kalium je Pflanze.

Beim Vergleich der Abb. 19 und 20 mit Abb. 6 und 7 wird deutlich, daß das Maximum der K-Aufnahme sehr viel früher erreicht wird als das der Trockensubstanzbildung. Das bedeutet, daß die K-Verlagerung in die generativen Teile der Pflanze der Trockensubstanzbildung ebenso vorausgeht, wie es bei der K-Aufnahme in die vegetativen Pflanzenteile der Fall ist.

Die starke K-Abnahme in den vegetativen Pflanzenteilen nach der Blüte, vor allem bei der Variante 1, beruht einerseits auf der Verlagerung des Kaliums in das sich bildende Korn, wie bereits oben erwähnt wurde, aber auch Faktoren wie Blattfall und Regenauswaschung spielen eine besondere Rolle. Nach Untersuchungen von TUKEY (1958), OEHM (1966) und anderen Autoren gehört das Kalium zu den leicht auswaschbaren Mineralstoffen. Eine Kaliumrückwanderung aus der Wurzel in das Außenmedium ist nach Angaben von HAEDER (1971) nur minimal.

f) Phosphorgehalte und -entzüge (Abb. 21-23, Tabellen 10 und 12)

Es wurden bei allen 20 Ernteterminen Gesamt-P in den oberirdischen Pflanzenteilen nach GERICKE und KURMIES, (1952) bestimmt.

Im Gegensatz zum Kalium führt die unterschiedliche P-Versorgung bereits in den ersten Wachstumsabschnitten zu beträchtlichen Unterschieden im P-Gehalt. Diese beträgt nach den ersten beiden Wochen bei Variante 1 = 14,4 mg, Variante 4 ( $0,3\text{g P}_2\text{O}_5$ ) = 8,3 mg und bei Variante 5 ( $0,6\text{g P}_2\text{O}_5$ ) = 10,3 mg Gesamt-Phosphor pro Gramm Trockensubstanz. Nach vorübergehendem leichtem Anstieg, der wahrscheinlich auf die N-Kopfdüngung bei der II. Ernte zurückzuführen ist, sinken die Gehalte bis zum Ende der Vegetation ab und erreichen bei der Vollreife Werte von 0,7 bei Variante 1, 0,1 mg bei Variante 4 und 0,2 mg bei Variante 5 im Stroh.

Auch in den generativen Pflanzenteilen liegen die Werte bei Variante 1 am höchsten und die der Variante 4 am niedrigsten. Variante 5 nimmt eine Mittelstellung ein. Der Gehalt an Phosphor in den Körnern bleibt von der XV. Ernte bis zur Vollreife nahezu konstant.

Die Anfangsgehalte im Stroh der Varianten 2 ( $0,3\text{g K}_2\text{O}$ ) und 3 ( $0,6\text{g K}_2\text{O}$ ) sind den Anfangsgehalten der Variante 1 ähnlich. Vom 35. Wachstumstag ab liegen die P-Gehalte in den K-Mangelvarianten 2 und 3 aber höher als in der Variante 1. Diese Abstufung bleibt bis zum Ende der Vegetation erhalten, und bei der Vollreife ergeben sich im Stroh Werte von 1,2 mg Phosphor je Gramm Trockensubstanz bei Variante 3 und 3,1 mg bei Variante 2 (Kontrolle mit 0,7 mg P /g T.S.). In den Körnern weist Variante 2 ebenfalls höhere Werte auf als Varianten 3 und 1.

Die Abnahme des P-Gehaltes der Pflanzen während der Vegetationsperiode wurde mehrfach beschrieben, u.a. auch von SMITH (1960) und TELLHEIM (1968).

JESSEN (1949) fand bei seinen Untersuchungen im Gefäßversuch mit Ölräuke, daß durch steigende P-Gaben sowohl die Gehalte

als auch die aufgenommenen Mengen an Phosphor merklich stiegen.

Die Entzugskurven (siehe Abb. 22 und 23) zeigen bereits von den ersten Ernten an eindeutige Unterschiede im Kurvenanstieg. In allen drei P-Stufen wird das Maximum des P-Entzuges kurze Zeit nach der Blüte erreicht. Es liegt bei Variante 1 mit 14,2 mg P je Pflanze wesentlich höher als bei den Varianten 4 und 5 mit 4,5 mg und 8,7 mg. Die verschiedenen P-Düngergaben haben also den P-Entzug und auch die P-Gehalte im beabsichtigten Sinne beeinflusst. Die erreichten Entzugswerte im Stroh liegen zum Zeitpunkt der Vollreife für Varianten 1, 4 und 5 bei 2,8 mg, 0,5 mg und 1,0 mg P je Pflanze.

Die Kaliumdüngung (Varianten 2 und 3) beeinflusste den P-Entzug bis zur X. Ernte kaum. Danach zeichnet sich ein erhöhter P-Entzug in der Kaliummangelreihe (Variante 2) ab, der bis zum Versuchsende anhält. Bemerkenswert sind hier nach der Blüte die stark erhöhten P-Mengen im Stroh bei gleichzeitig erniedrigten P-Mengen im Korn. Die bei der Vollreife gemessenen Werte für den P-Entzug im Stroh sind folgende: Variante 1 (2,0g  $K_2O$ ) 2,8 mg, Variante 2 (0,3g  $K_2O$ ) 8,2 mg und Variante 3 (0,6g  $K_2O$ ) 4,2 mg P je Pflanze. Insgesamt hat eine ungenügende K-Versorgung der Pflanze die Gesamt-P- Aufnahme nicht ungünstig verändert, wohl aber die Umlagerung des Phosphors aus den vegetativen in die generativen Pflanzenteile.

In den generativen Pflanzenteilen steigen die Werte der P-Entzüge bis zur Vollreife bei allen fünf Varianten an und betragen zur Zeit der Vollreife bei Variante 1 = 10,5 mg, Variante 2 = 6,3 mg, Variante 3 = 9,1 mg, Variante 4 = 3,8 mg und Variante 5 = 7,9 mg P je Pflanze.

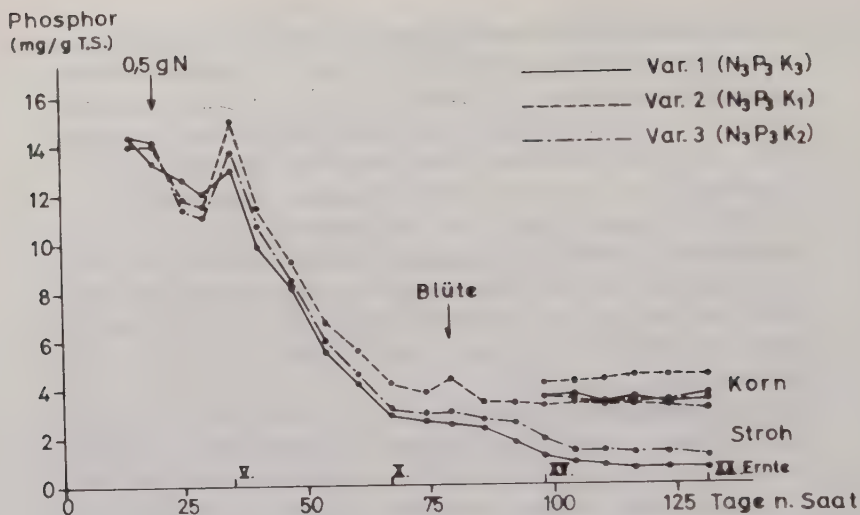
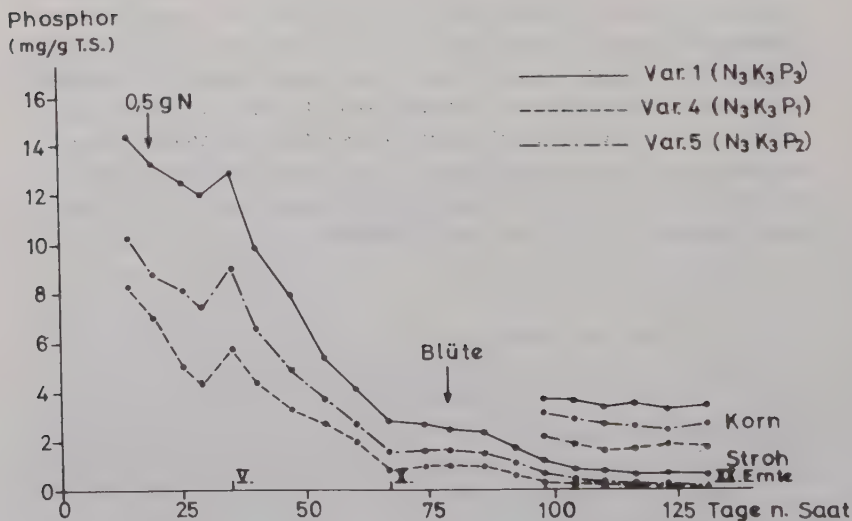


Abb. 21: Phosphorgehalte des Sommerweizens (mg/g T.S.) in Abhängigkeit von der Kaliumversorgung (s.oben) und Phosphatversorgung (s.unten)



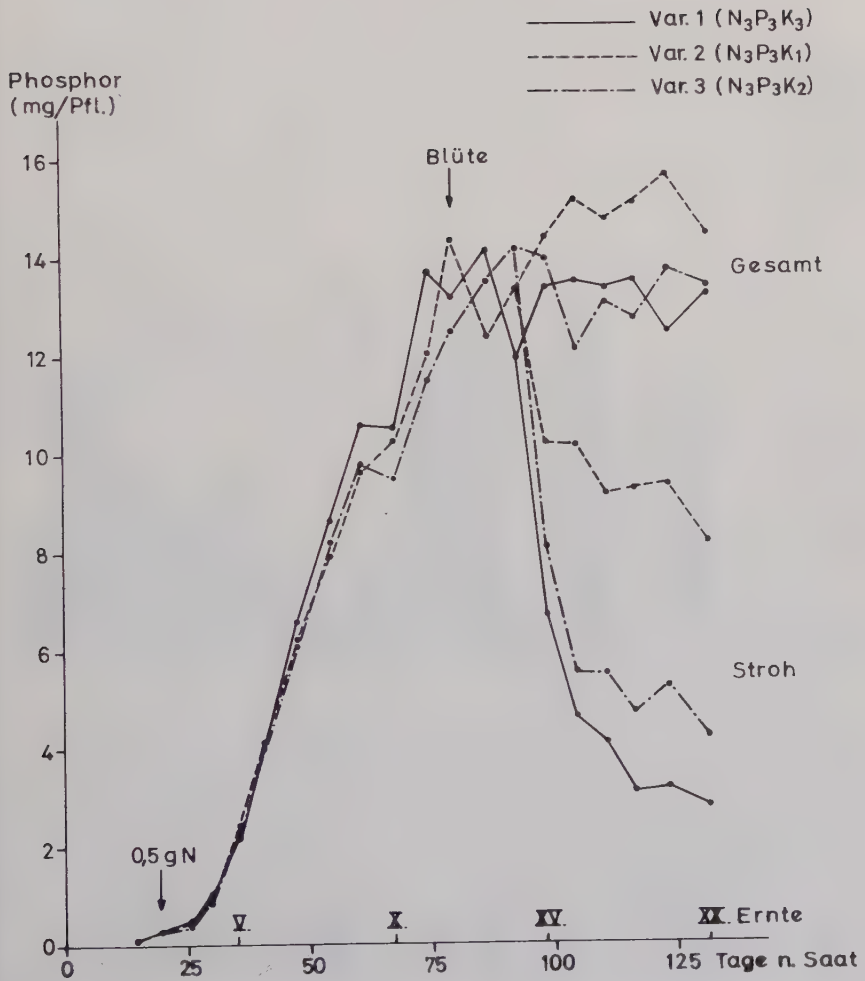


Abb. 22: Phosphorentzug bei Sommerweizen (mg/Pflanze) im Verlauf der Vegetation in Abhängigkeit von der Kaliumversorgung (Versuch 1970)

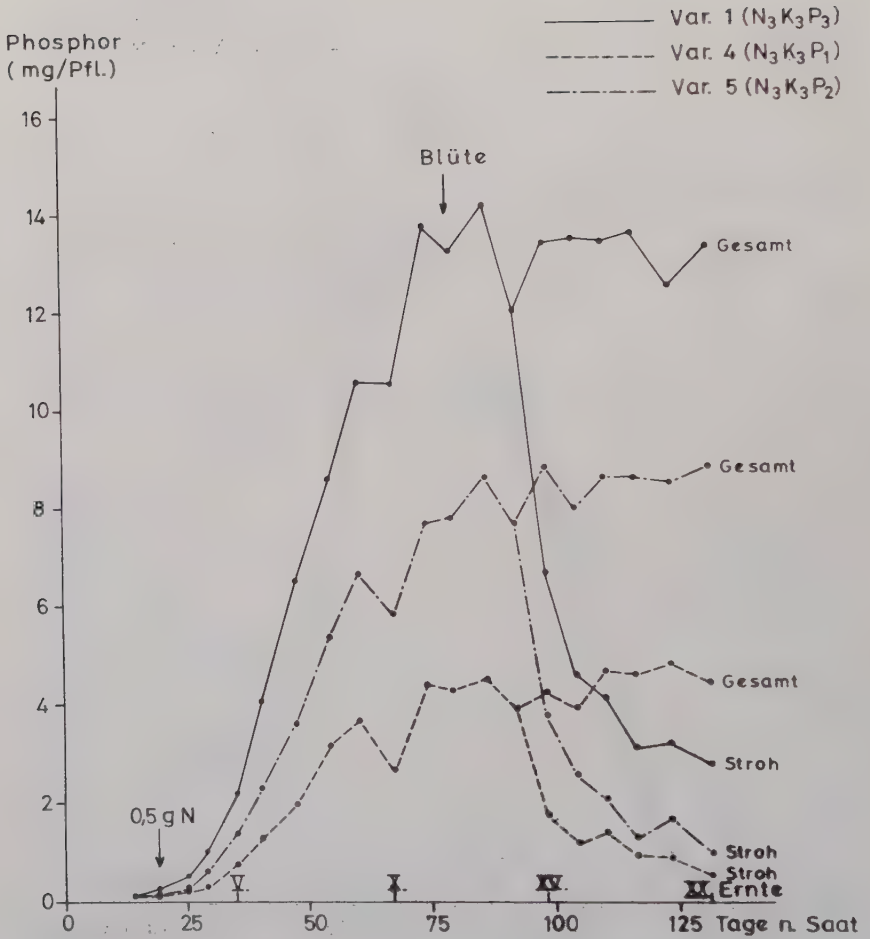


Abb. 23: Phosphorentzug bei Sommerweizen (mg/Pflanze) im Verlauf der Vegetation in Abhängigkeit von der Phosphatversorgung (Versuch 1970)

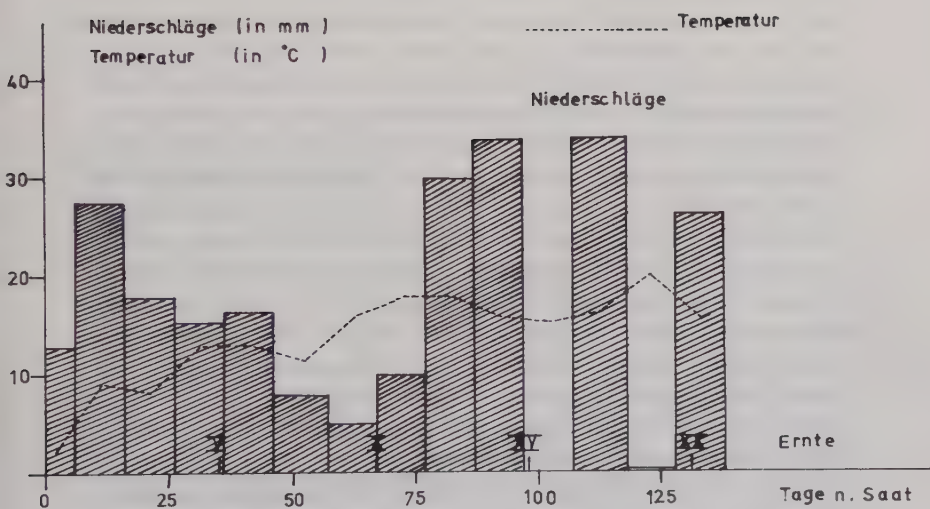


Abb. 24: Niederschlagsmengen und Durchschnittstemperaturen  
(Dekadenwerte) vom 10. April bis 20. September (1970)

#### 4. Diskussion der Versuchsergebnisse

Zweck der im Jahr 1970 durchgeführten Versuche mit Sommerweizen sollte es sein, den Einfluß einer variierten K- und P-Versorgung auf die Ausbildung von System und Produkt im Verlauf einer Vegetationsperiode zu untersuchen, weiterhin zu prüfen, ob Zusammenhänge zwischen der Versorgung mit diesen Nährstoffen und dem Zeitpunkt der Umsteuerung des pflanzlichen Stoffwechsels von überwiegendem Systemwachstum auf vorherrschendes Produktwachstum bestehen.

Geht man von den zu Beginn der Arbeit angestellten Überlegungen aus, daß das Wachstum und damit der Ertrag einer Pflanze das Ergebnis von System- und Produktwachstum darstellen und daß das lebende System in seiner Gesamtheit (bestehend aus dem informationstragenden und dem metabolischen Teilsystem in den vegetativen Pflanzenteilen) durch seine Produktionskapazität und Stoffwechselleistungen auch die als Produkt bezeichneten Stoffe zu synthetisieren vermag, so ist es sinnvoll, die Menge des in der Pflanze vorhandenen Systems in seiner Gesamtheit zu ermitteln. Dazu können wir leider, weil das lebende System eine ganze Reihe von Verbindungen umfaßt, noch keine direkte analytische Methode heranziehen, die einigermaßen genaue Angaben über den Systemgehalt einer Pflanze machen könnte. So ist man zur Erfassung des lebenden Systems in der Pflanze vorläufig noch auf die Bestimmung des Reinproteins angewiesen, welches nach LINSER (1967) stets den überwiegenden Bestandteil des Systems darstellt.

Zur Umrechnung der gefundenen Reinproteinmenge in System wurden bei den Versuchen des Jahres 1970 die jeweiligen Reinproteinmengen in der Pflanze mit dem Faktor 2,8 multipliziert. Dieser Faktor leitet sich aus der Reinproteinbestimmung bei der ersten Ernte, also im Keimpflanzenstadium, die einen Gehalt von 35,7% Reinprotein ergab, unter der Annahme, daß die Pflanzen zu dieser Zeit zu 100% aus System bestehen. Die von den Pflanzen aufgenommenen Nährstoffe stellen die Ausgangsmaterialien für die Tätigkeit des lebenden Systems

und somit für das pflanzliche Wachstum dar. Sie treten an das System heran, gehen mit ihm eine Wechselwirkung ein und lösen sich wieder von ihm (LINSE, 1969). Somit sind die angebotenen Nährstoffe Voraussetzung für die Ausbildung eines funktionsfähigen Systems in ausreichender Menge und damit für die Substanzproduktion in der Pflanze.

Im Nachfolgenden sollen im Einzelnen Auswirkungen einer unterschiedlichen Ernährung mit Kalium und Phosphor auf System- und Produktwachstum unter den Bedingungen des vorliegenden Versuches untersucht werden. Hierbei wird im Hinblick auf das System zwischen lebendem System und ruhendem System zu unterscheiden sein.

Die Menge des lebenden Systems je Pflanze (siehe Abb. 25 und Tabelle 14) ergibt für Var.1 (normale Versorgung mit P und K) eine aus drei Abschnitten bestehende Kurve: Zunächst ein Abschnitt mit anfänglich sehr langsam aber dann rasch ansteigendem Kurvenverlauf, der bis zur X. Ernte (67. Wachstumstag), also bis zum Beginn des Ährenschiebens andauert. Der Höchstwert beträgt hier 1109,9 mg System je Pflanze. Daran schließt sich eine Periode an, in der die Systemmenge annähernd konstant bleibt. Dieser Abschnitt dauert bis zur XIV. Ernte (92. Wachstumstag), also bis zur Zeit des Beginns der Milchreife. Danach, von der XIV. bis XX. Ernte (92.-131. Wachstumstag), ist die Periode der abfallenden Systemmenge je Pflanze bis zum Ende der Vegetation zu verzeichnen. Einen ähnlichen Kurvenverlauf konnte LACH (1969) bei ihren Untersuchungen mit Weizenpflanzen in Abhängigkeit von variierten N-Gaben feststellen.

Die mit Kalium schlecht versorgte (Var.2) und mäßig versorgte (Var.3) Variante zeigen im Vergleich zu der Kontrolle bereits bei der Systemmenge je Pflanze deutliche Unterschiede. Die Systemwachstumskurven ähneln zwar der Var.1, wie aus der Abb. 25 ersichtlich ist. Bei der Var.2 ist allerdings in Folge der schlechten Kaliumversorgung der Anstieg der Kurve nicht so steil. Die Periode des Systemaufbaues endet hier in Übereinstimmung mit Var.1 zur Zeit der X. Ernte (67.

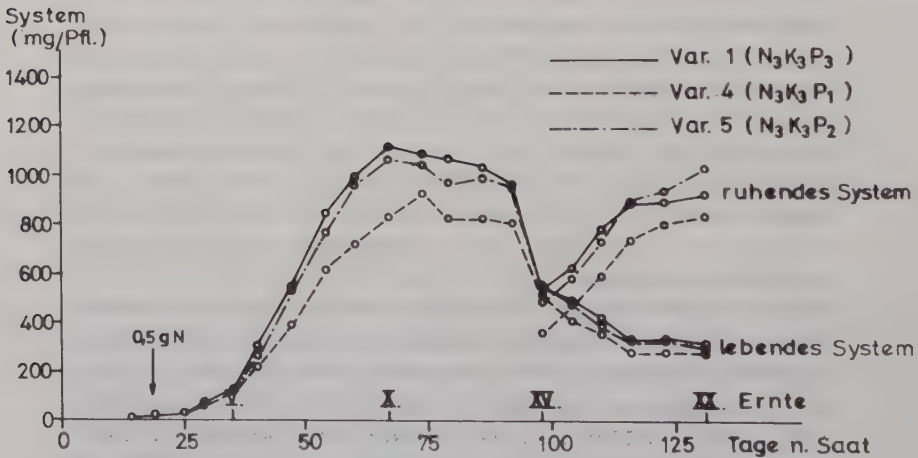
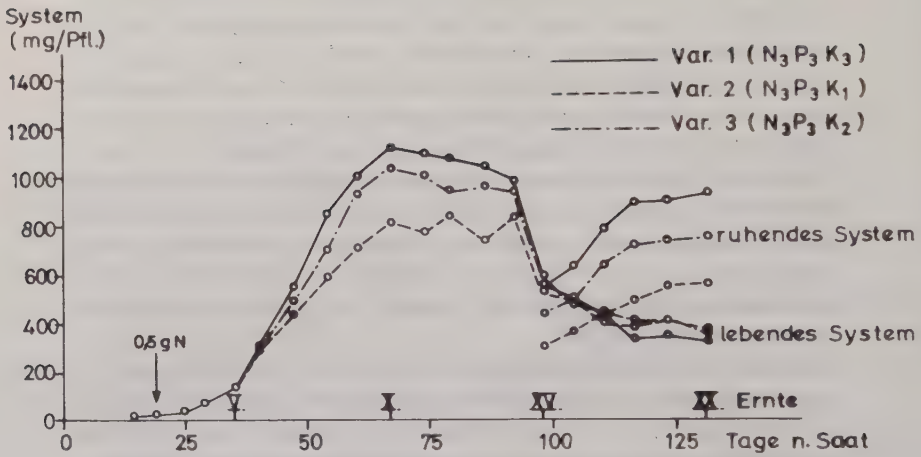


Abb. 25: Systemmengen bei Sommerweizen (mg/Pflanze) in Abhängigkeit von der Kalium- und Phosphatversorgung (Versuch 1970)

Wachstumstag), jedoch nur mit einem Höchstwert von 797,4 mg System je Pflanze (abgesehen von einem noch darüber liegenden, wahrscheinlich aber durch Witterungseinflüsse veränderter Wert bei der XII. Ernte), der weit unter dem der Var.1 mit 1109,9 mg liegt. Der Höchstwert in Var.3 zum selben Zeitpunkt liegt mit 1030,4 mg System je Pflanze näher an Var.1 als an Var.2. Der annähernd horizontal verlaufende Teil der Kurve dauert bei Varianten 2 und 3 ähnlich wie bei der Var.1 bis zur XIV. Ernte (92. Wachstumstag). Danach setzt bei allen drei Varianten der Abbau ein. Bei den letzten Ernten liegen die Werte für lebendes System in den vegetativen Pflanzenteilen in Variante 2 und 3 höher als in Var.1. Am Ende der Vegetation betragen sie bei Var.2 = 374,9 mg, Var.3 = 353,4 mg im Vergleich zur Var.1 = 321,4 mg. Der Einfluß einer variierten P-Versorgung auf Systemsynthese bzw. Systemmenge in der Pflanze ist in Abb. 25 unten dargestellt. Die mäßige  $P_2O_5$ -Gabe von 0,6 g je Gefäß (Var.5) wirkt sich im Vergleich zur Kontrolle nur geringfügig auf die Systemsynthese in der Pflanze aus. Die höchsten erzielten Systemmengen je Pflanze betragen hier zur Zeit der X. Ernte 1061,8 mg pro Pflanze, während Var.1 (Kontrolle) zu dieser Zeit eine Systemmenge von 1109,9 mg pro Pflanze aufweist. Die niedrige  $P_2O_5$ -Gabe (0,3 g  $P_2O_5$  je Gefäß in Var.4) wirkt sich dagegen deutlicher auf die produzierte Systemmenge aus. Hier beträgt das Maximum 824,9 mg System zur Zeit der X. Ernte, wenn man von einem abweichenden, etwas höheren Wert bei der XI. Ernte ansieht. Bei den drei letzten Ernten sind die Systemmengen in den vegetativen Pflanzenteilen der P-Mangelvarianten niedriger als bei Var.1. Sie betragen bei der letzten Ernte (Vollreife) in Var.1 = 321,4 mg, Var.4 = 276,6 mg und Var.5 = 300,7 mg. Im Gegensatz dazu stehen, wie bereits ausgeführt, die Kaliummangelvarianten, wo bei Vegetationsende die Systemmengen in den vegetativen Pflanzenteilen im Vergleich zur Kontrolle deutlich erhöht waren. Insgesamt kann also festgestellt werden, daß ungenügende Versorgung sowohl mit Kalium als auch Phosphat das Systemwachstum, das heißt die Systemmenge, ungünstig beeinflusst.

Gegenteilige Wirkungen beider Nährstoffe ergeben sich hinsichtlich der Verlagerung von System aus den vegetativen in die generativen Pflanzenteile, indem Kaliummangel die Verlagerung hemmt, Phosphatmangel dieselbe zu begünstigen scheint.

Eine genaue Analyse des Systemwachstums und seines zeitlichen Verlaufes ermöglichen die täglichen Zuwachsraten an System je Pflanze, wie sie in Abb. 26 und 27 dargestellt sind. Diese Kurven geben darüber Auskunft, wie hoch in den einzelnen Teilabschnitten des Vegetationsablaufes die jeweils vom System synthetisierte Systemmenge pro Tag ist. Um die Witterungs- und methodisch bedingten Schwankungen der Einzelwerte der Systemzuwachskurve auszugleichen, wurde eine Durchschnittskurve aus den Mittelwerten von jeweils vier aufeinanderfolgenden Ernteterminen gezeichnet. Diese vereinfachende Kurve macht deutlich, daß in Var.1 die Zuwachsraten an System pro Pflanze und Tag zwischen der VI. und VIII. Ernte bis zu einem Maximum von 33,9 mg ansteigen. Danach sinken sie ab und geraten nach der XI. Ernte in den negativen Bereich, das heißt, es wird mehr System ab- als aufgebaut. Die Kurven der Systemzuwachsraten zeigen weiterhin, daß das Maximum des Systemzuwachses von der Höhe der K-Gabe abhängt. Die Durchschnittskurven lassen erkennen, daß das zwischen der VI. und VIII. Ernte erreichte Maximum bei der schlecht mit Kalium versorgten Variante (Var.2) mit 23,3 mg pro Pflanze und Tag am niedrigsten liegt. Bei Var.3 weicht das Maximum mit 31,9 mg, zwischen der VI. und VIII. Ernte, nur geringfügig von der Var.1 mit 33,9 mg ab.

Eine ähnliche maximale Systemzuwachsrate wie in Var.1 ergibt sich bei Var.5 mit 32,4 mg je Pflanze und Tag, während die schlechte P-Versorgung in Var.4 zu einem maximalen Zuwachswert von nur 23,8 mg führt. Auch die P-Versorgung läßt also einen deutlichen Einfluß auf die Höhe der täglichen Systemzuwachsraten erkennen.

Die Ergebnisse machen deutlich, daß eine weitgehende Parallelität besteht zwischen der Wirkung von Kalium und Phosphor, sowohl auf die Systemmenge als auch auf die täglichen Zuwachsraten an System in den vegetativen Pflanzenteilen.

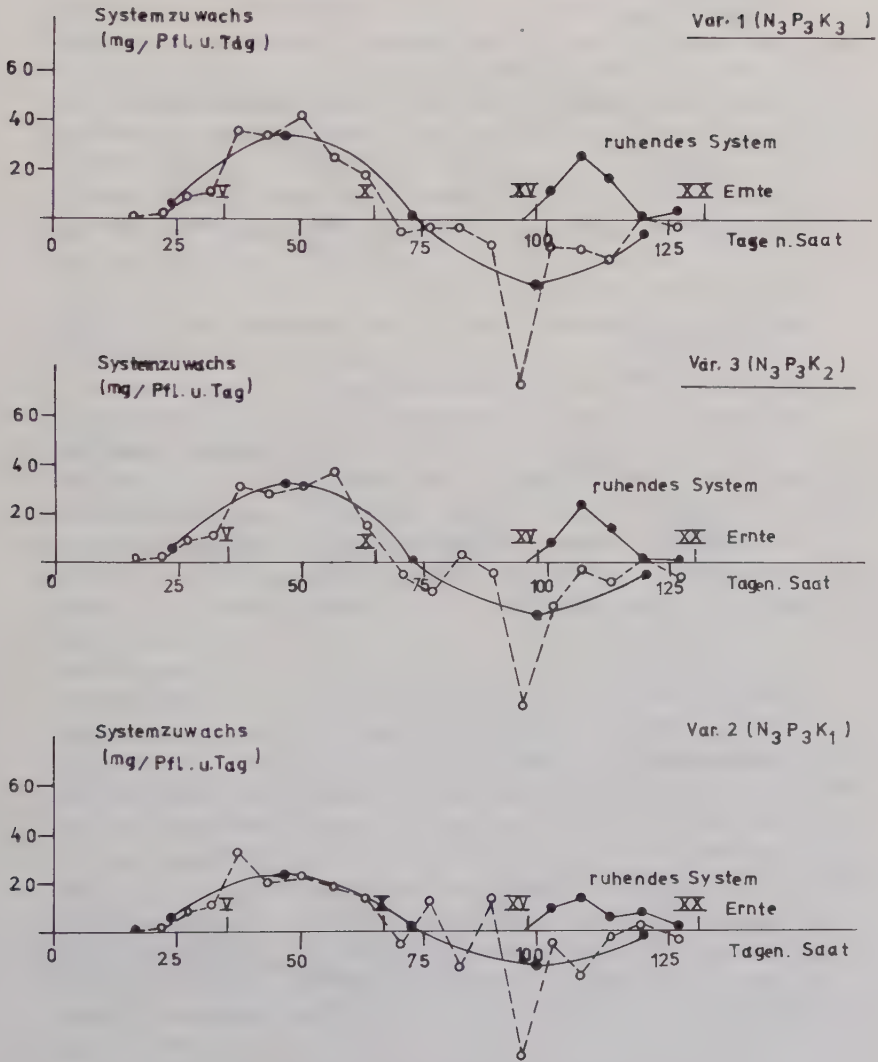


Abb. 26: Tägliche Zuwachsraten an lebendem und ruhendem System (mg je Pflanze) in Abhängigkeit von der Kaliumversorgung (Versuch 1970)

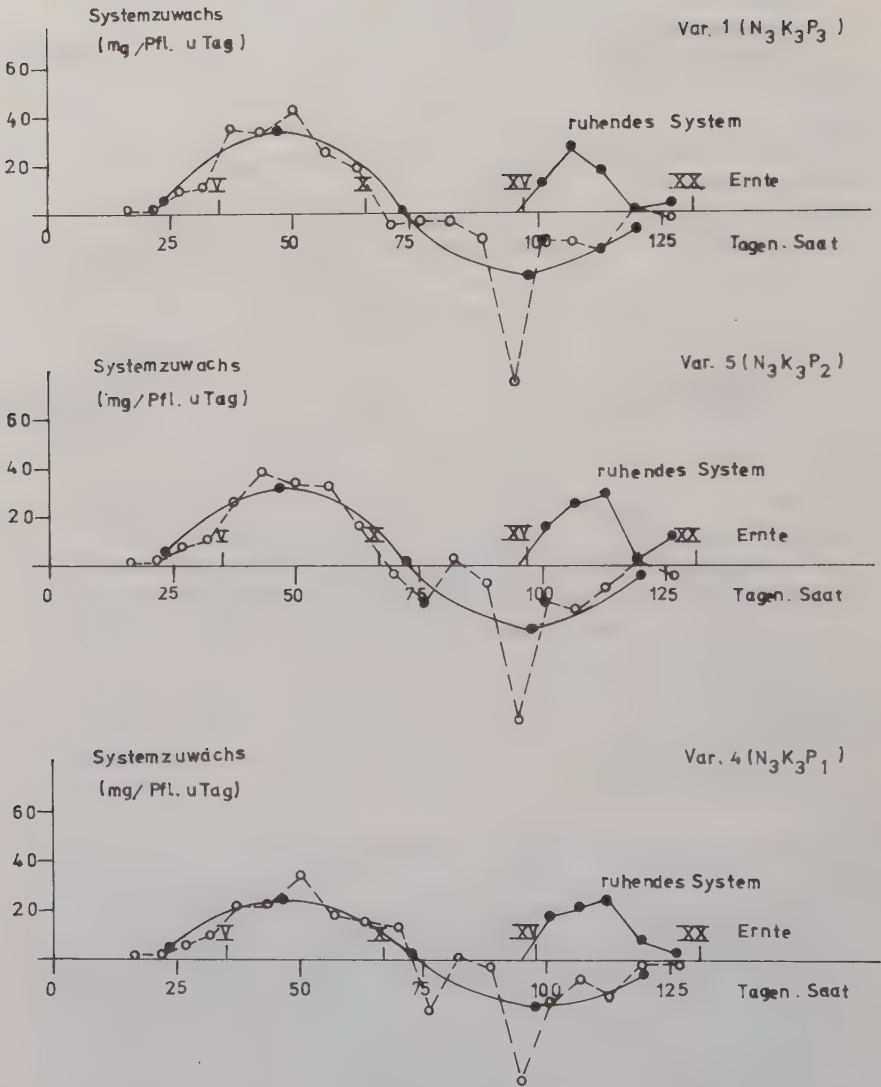


Abb. 27: Tägliche Zuwachsraten an lebendem und ruhendem System (mg je Pflanze) in Abhängigkeit von der Phosphatversorgung (Versuch 1970)

Das System in den Körnern wird im Gegensatz zum lebenden System der vegetativen Pflanzenteile als Reservesystem oder auch als ruhendes System bezeichnet, da es sich nicht am biochemischen Geschehen der Mutterpflanze beteiligt und deshalb auch nicht zu dem eigentlichen produzierenden System der Pflanze gezählt werden kann. Seine Menge (siehe Abb. 25) steigt von der XV. Ernte, das heißt dem Zeitpunkt, wo eine Abtrennung der Körner zum ersten Mal technisch möglich war, bis zur Vollreife an und erreicht ihren Höchstwert am Ende der Vegetation bei Var.1 mit 915,6 mg je Pflanze.

Ebenfalls in Var.2 und 3 sind die Körner zum ersten Mal bei der XV. Ernte erfaßbar. Die zu diesem Zeitpunkt ermittelten Mengen an ruhendem System betragen in Var.2 = 54%, in Var.3 = 80% der Kontrolle. Diese Systemmengen nehmen bis zur Vollreife zu und erreichen ihr Maximum mit 551,6 mg je Pflanze bei Var.2 und 740,9 mg bei Var.3 im Vergleich zur Var.1 mit 915,6 mg am Ende der Vegetation. Die mangelhafte Ausbildung von ruhendem System in Var.2 mag zum Teil ihre Ursache in der gestörten Verlagerung von System aus den vegetativen Teilen in die Reserveorgane haben, muß aber schon rein mengenmäßig, auch auf eine gehemmte Syntheseleistung des Systems für System in den vegetativen Teilen der Pflanze zurückgeführt werden.

Auch P-Mangel wirkt sich bereits bei der XV. Ernte auf die Menge des ruhenden Systems (Reservesystem) in Var.4 und Var.5 deutlich aus, wenn auch nicht so stark wie bei K-Mangel. Es erfolgt hier eine beachtliche Zunahme, die dazu führt, daß in Var.4 der Endwert mit 828,0 mg um 85 mg unter der Kontrolle liegt, und daß in Var.5 = 1025,6 mg ein Endwert erreicht wird, der die Kontrolle um 110 mg übersteigt. Höhere Systemmengen in Var.5 während der letzten drei Ernten lassen darauf schließen, daß diese Erhöhung nicht zufällig ist. Ein negativer Effekt auf die Verlagerung von System, wie er beim Kaliummangel beobachtet wurde, trifft für Phosphatmangel also nicht zu.

Die Mengen an ruhendem System, wie sie in den Körnern ange-

troffen wurden, resultieren aus den täglichen Zuwachsraten (siehe Abb. 26 und 27). Diese erreichen ihr Maximum in den Varianten 1, 2 und 3 mit 26,7mg, 13,5mg und 23,3mg zwischen der XVI. und XVII. Ernte, bei Variante 4 und 5 mit 25,1mg und 29,1mg zwischen der XVII. und XVIII. Ernte, also etwa 6 Tage später. Dieser letztgenannte ist die höchste überhaupt beobachtete Zuwachsrates. Insgesamt wurden die täglichen Zuwachsraten an ruhendem System durch Kaliummangel deutlich negativ beeinflusst. Ein ähnlicher Effekt ist in den P-Mangelvarianten, auch in der Tendenz, nicht vorhanden.

Die zu den verschiedenen Zeitpunkten in der Pflanze vorhandene Menge an Produkt wird so ermittelt, daß von der Menge an Trockensubstanz pro Pflanze (einschließlich Körner) die zur gleichen Zeit gefundenen Mengen an lebendem und ruhendem System subtrahiert werden. Die so erhaltenen Werte für Produkt sind in Abb. 28 (siehe auch Tab. 16) dargestellt. Die sich ergebenden Kurven machen deutlich, daß das Produktwachstum bereits in den ersten Tagen der Vegetation einsetzt, jedoch nur in sehr geringem Ausmaß. Die das Produkt ausmachenden Stoffe sind sehr wahrscheinlich zur Aufrechterhaltung der Systemfunktionen in der Pflanze notwendig, so daß die Bezeichnung Produkt in dieser Wachstumsphase nur bedingt gerechtfertigt ist. Ein verstärktes Produktwachstum, also der steile Anstieg der Kurve, beginnt erst zwischen der VI. und VIII. Ernte (40.-54. Wachstumstag), zu der Zeit, wo bereits die höchsten Zuwachsraten an System erzielt wurden, bzw. wo die Systemwachstumskurve in steilem Anstieg verläuft. Auch nachdem das Systemwachstum einen Stillstand erreicht hat, schreitet das Produktwachstum fort, und erreicht in Var.1 sein Maximum bei der XVII. Ernte mit 6496,0 mg Produkt pro Pflanze. Danach nimmt die Produktmenge geringfügig ab. Blattverluste und Atmungsverluste dürften die Hauptursache sein. Von der XVII. Ernte an findet also keine Produktsynthese in der Pflanze mehr statt, da das System in den vegetativen Teilen der Pflanze seine Vitalitätsgrenze erreicht hat, was sich in einer Beendigung der Syntheseleistung des Systems für Produkt äußert.

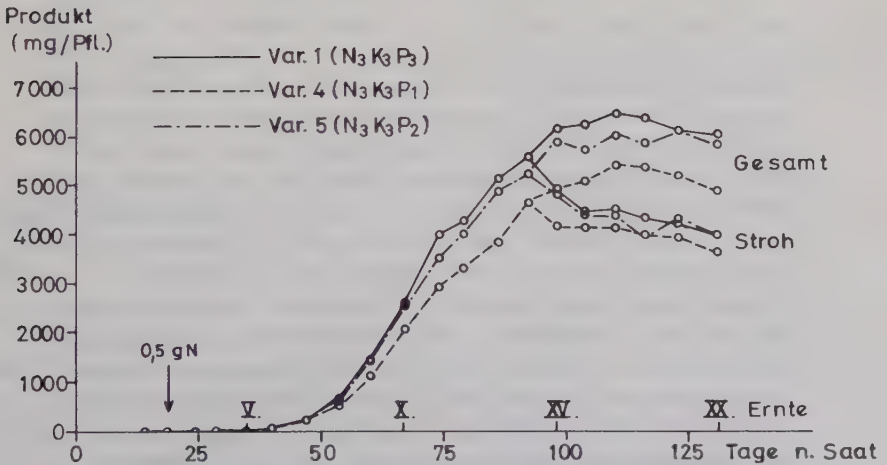
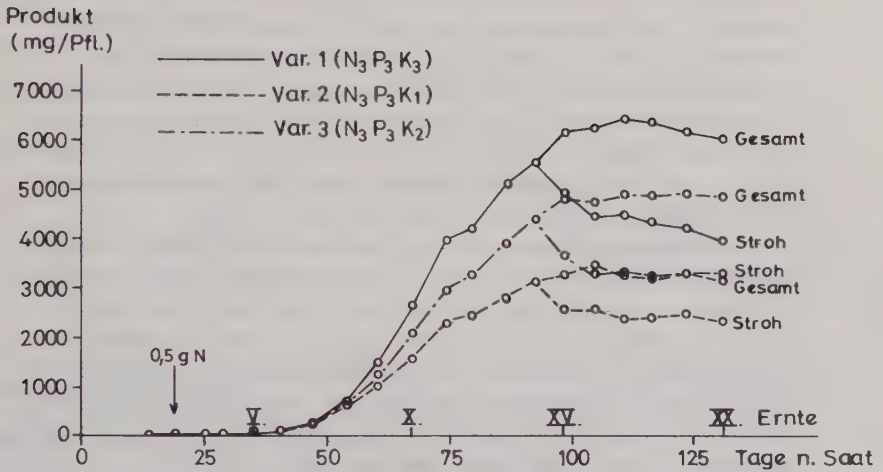


Abb. 28: Produktmengen bei Sommerweizen (mg/Pflanze) in Abhängigkeit von der Kalium- und Phosphatversorgung (1970)

Die Kurven des Produktwachstums zeigen bei Variante 2 und 3 etwa die gleichen Charakteristika wie bei der Var.1, allerdings mit dem Unterschied, daß der Höchstwert an erzieltm Produkt bei Var.2 = 3446,6 mg, bei Var.3 = 4926,8 mg (Var.1 = 6496,0 mg) beträgt. Weiterhin ist bemerkenswert, daß der Höchstwert bei Var.2 bereits bei der XVI. Ernte, das heißt um 6 Tage früher als bei Variante 1 und 3 (XVII. Ernte) erreicht wird. Das bedeutet, daß die Dauer der Produktsynthese durch Kaliummangel negativ beeinflusst wird.

Die Produktsynthese erweist sich von der P-Versorgung viel weniger abhängig, als von der Kaliumversorgung. Dies zeigen die Maximalwerte für Produkt bei Var.4 mit 5447,7 mg und bei Var.5 mit 6092,6 mg je Pflanze zur Zeit der XVII. Ernte. Eine vorzeitige Beendigung der Produktsynthese tritt also bei P-Mangel, im Gegensatz zum K-Mangel nicht ein. Im übrigen ähnelt der Verlauf der Kurven für das Produktwachstum in den Varianten 4 und 5 weitgehend dem der Var.1.

Abb. 29 und 30 zeigen die täglichen Zuwachsraten an Produkt je Pflanze. Die niedrige Zuwachsrate in Var.1 zwischen der XI. und XII. Ernte ist wahrscheinlich auf hohe Temperaturen und daraus resultierende hohe Atmungsverluste zu dieser Zeit zurückzuführen (siehe auch Abb. 24 und Tabelle 13 über die Witterungsverhältnisse des Jahres 1970). Solche, wahrscheinlich auf Witterungseinflüsse zurückzuführende Schwankungen, wurden auch hier durch eine Durchschnittskurve (gebildet durch Mittelwertsberechnung aus den Werten von jeweils vier benachbarten Ernten) auszugleichen versucht. Die vereinfachte Kurve für Var.1 zeigt, daß bis etwa zum 35. Tag nach der Saat nur minimale Zuwachsraten an Produkt erzielt werden. Sie steigen im weiteren Verlauf der Vegetation an und erreichen mit 133,5 mg je Pflanze und Tag ihren Höchstwert zwischen der X. und XII. Ernte, jener Zeit der abnehmenden Zuwachsraten an System bzw. zur Zeit der konstantbleibenden Systemmenge in der Pflanze (horizontaler Kurvenverlauf bei der Systemmenge). Stark abnehmende Werte der Zuwachsraten an Produkt können erst ab der XIV. Ernte verzeichnet werden,

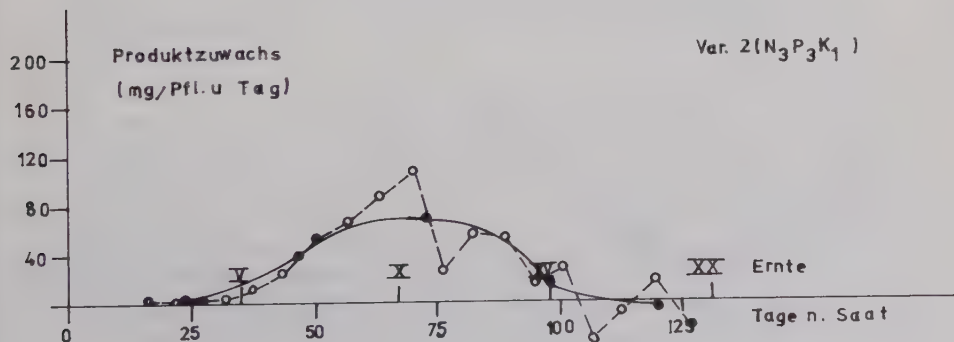
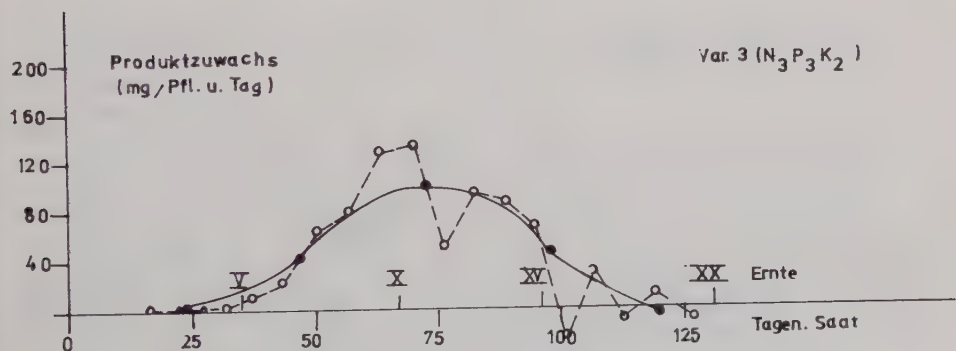
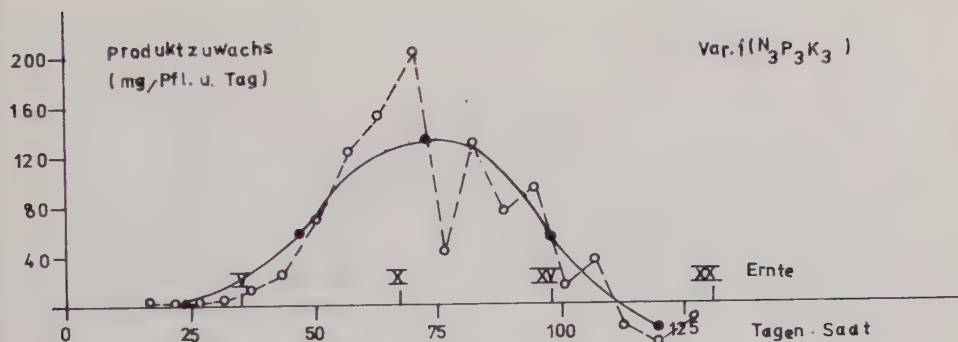


Abb. 29: Tägliche Produktzuwachsrate (mg je Pflanze) in Abhängigkeit von der Kaliumversorgung (Versuch 1970)

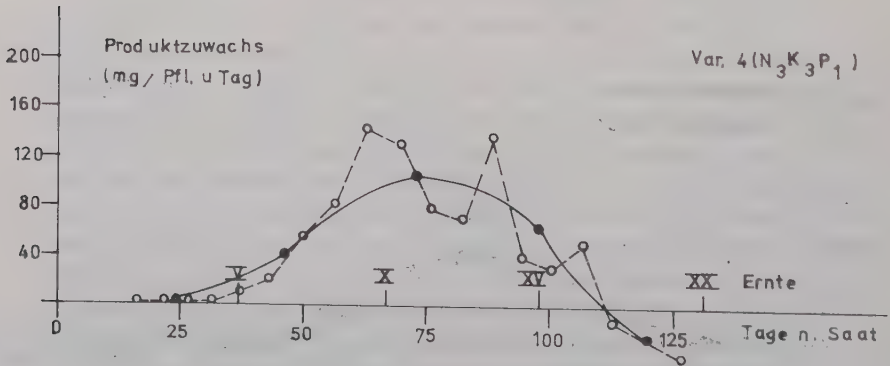
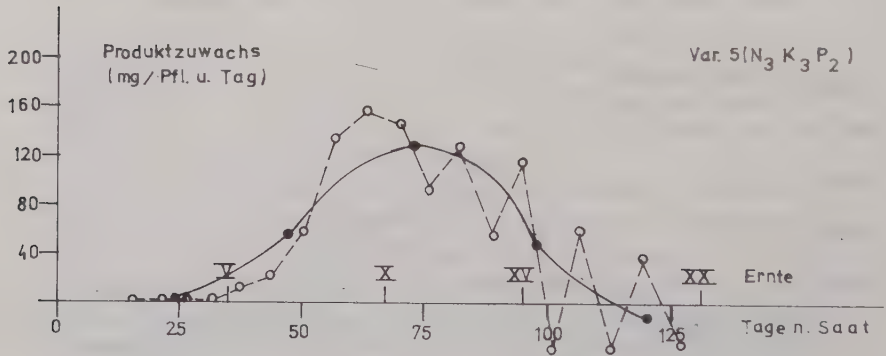
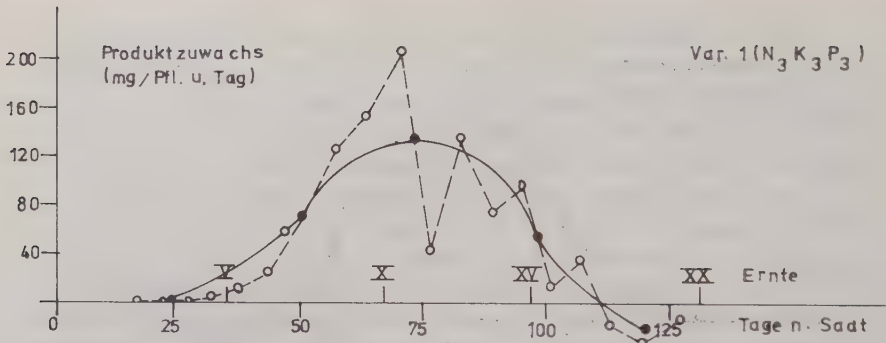


Abb. 30: Tägliche Produktzuwachsrate (mg je Pflanze) in Abhängigkeit von der Phosphatversorgung (Versuch 1970)

zum Zeitpunkt des beginnenden Systemabbaus in der Pflanze. Die Produktsynthese endet etwa bei der XVII. Ernte (110 Tage nach der Saat).

Entsprechend den unterschiedlichen Maximalwerten für die Produktsynthese verhalten sich die Varianten 2 und 3 in den täglichen Zuwachsraten für Produkt bei unterschiedlicher K-Versorgung. Die höchsten Zuwachsraten an Produkt je Pflanze und Tag (siehe Abb. 29) betragen nach der Durchschnittskurve maximal bei Var.2 = 68,5 mg, bei Var.3 = 102,8 mg und sind damit 50% bzw. 30% niedriger als bei Var.1 mit 133,5 mg. Die maximalen Zuwachsraten an Produkt pro Pflanze und Tag betragen bei Var.4 = 105,8 mg und bei Var.5 = 130,4 mg zwischen der X. und XI. Ernte. Ähnlich wie die Produktsynthese werden also auch die täglichen Zuwachsraten an Produkt durch P-Mangel im Vergleich zur Kontrolle relativ wenig verändert (siehe Abb. 30).

In den beschriebenen Ergebnissen über die System- und Produktentwicklung finden erneut die Überlegungen von LINSER (1969) ihre Bestätigung, daß die Pflanze zunächst ihre Produktionskapazität durch ständiges Vermehren ihres Systems steigert und auf ein Maximum bringt, indem es eine längere Zeit verharrt, bevor der Abbau bzw. der Umbau in ruhendes System beginnt. Ein nennenswertes Produktwachstum setzt erst ein, wenn die höchsten täglichen Zuwachsraten an System bereits überschritten worden sind. Deshalb sollen hohe Systemmengen in der Jugend- bzw. der frühen vegetativen Entwicklung angestrebt werden.

Um den wichtigen Zeitpunkt bestimmen zu können, in dem die Pflanze vom überwiegenden System- auf Produktwachstum umsteuert, ist man auf die Ermittlung der Syntheseleistung des Systems für System und für Produkt im Verlauf der Vegetation angewiesen. Zu ihrer Berechnung werden die täglichen Zuwachsraten an System bzw. an Produkt in % der jeweils vorhandenen Systemmenge je Pflanze ausgedrückt.

Die Syntheseleistung des Systems für System sinkt nach der Durchschnittskurve bei normaler P-K-Ernährung in Var.1

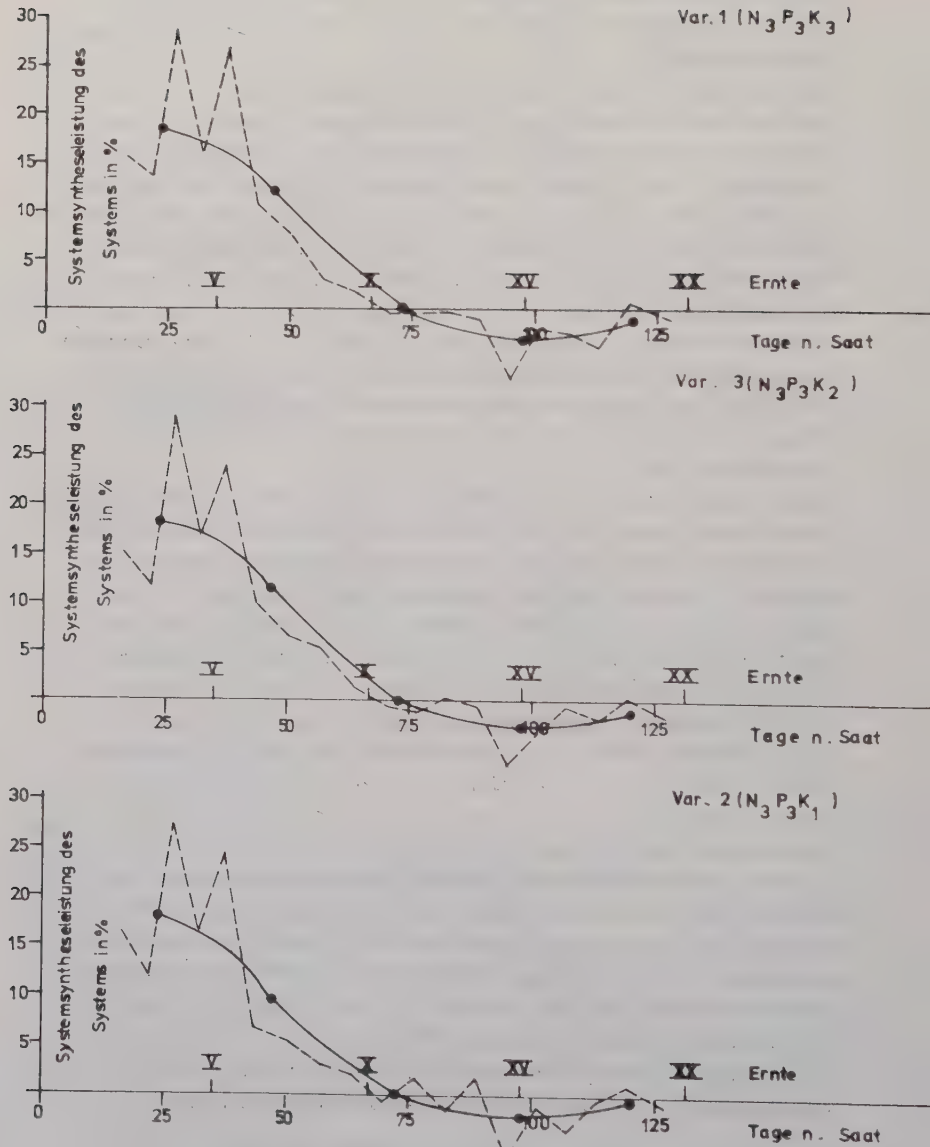


Abb. 31: Die Syntheseleistung des Systems für System (in % pro Tag) in Abhängigkeit von der Kaliumversorgung (1970)

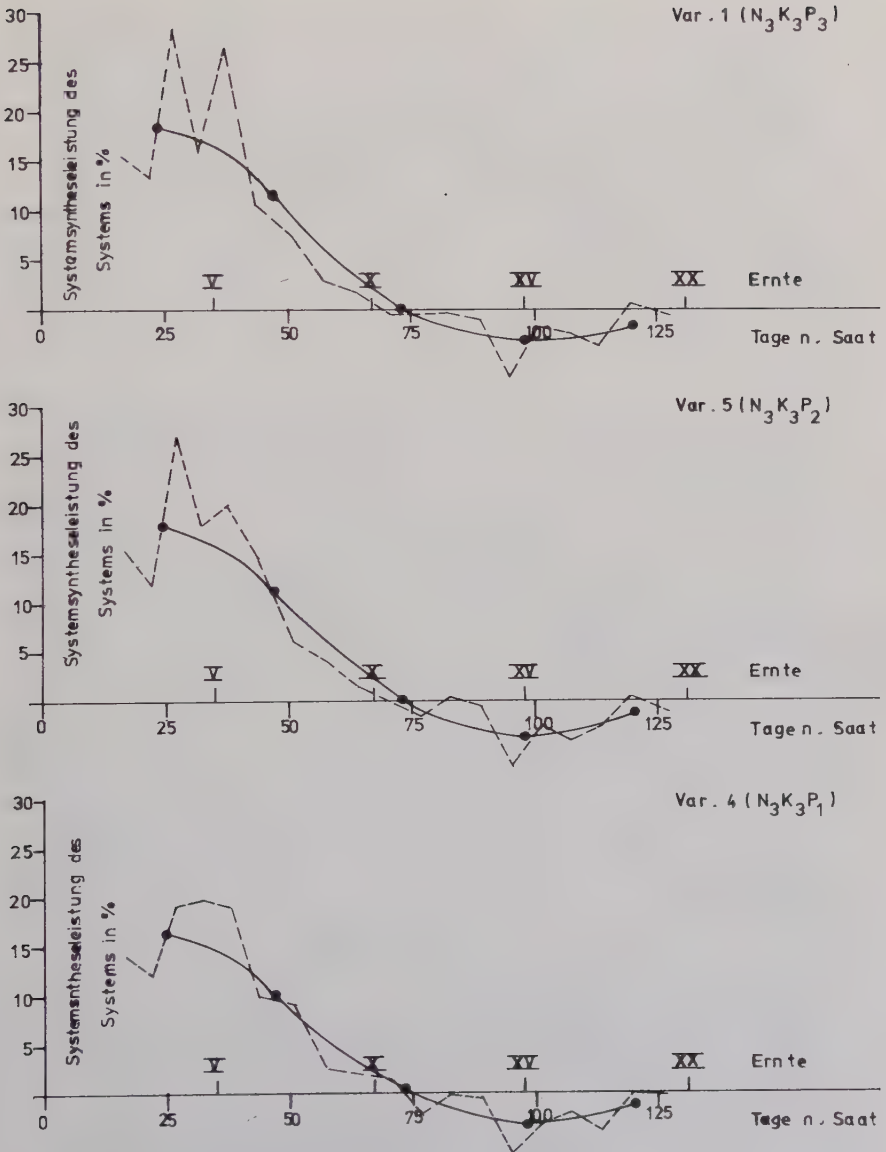


Abb. 32: Die Syntheseleistung des Systems für System (in % pro Tag) in Abhängigkeit von der Phosphatversorgung (1970)

(siehe Abb. 31, oben) von anfänglich hohen Werten (18,4% zwischen der II. und III. Ernte) im Verlauf der Vegetation auf später niedrige (0,2% zwischen der X. und XI. Ernte) ab und gerät etwa zwischen der XI. und XII. Ernte in den negativen Bereich, das heißt, daß der Abbau von System die Neubildung zu überwiegen beginnt. Die Syntheseleistung des Systems für Produkt zeigt, auch hier an Hand einer Durchschnittskurve (siehe Abb. 33, oben), zunächst niedrige (4,9% zwischen der II. und III. Ernte), im weiteren Verlauf der Vegetation ansteigende Werte an, die ihr Maximum mit 12,7% zur Zeit der X. Ernte erreichen, danach wieder absinken und etwa bei der XVII. Ernte in den negativen Bereich fallen.

Als Zeitpunkt der Stoffwechselumsteuerung kann jener Termin angesehen werden, bei dem die Syntheseleistung des Systems für System von der Syntheseleistung des Systems für Produkt übertroffen wird. Diese Umsteuerung erfolgt bei Var.1 zwischen der VII. und VIII. Ernte (47.-54. Wachstumstag), wie aus den Tabellen 18 und 19 hervorgeht.

Die Syntheseleistung des Systems für System wurde auch bei den Varianten 2 und 3 errechnet (siehe Abb. 31). Die Werte liegen während der gesamten Vegetationsperiode meistens unter denen der Var.1. Auch die Höchstwerte für die Syntheseleistung des Systems für Produkt liegen bei Var.3 mit 11% und Var.2 mit 10% unter dem entsprechenden Wert für Var.1 mit 12,7% (Abb. 33).

Auf Grund der früher gegebenen Definition findet die Stoffwechselumsteuerung bei Var.3 zu einem ähnlichen Zeitpunkt wie bei Var.1, nämlich zwischen der VII. und VIII. Ernte (47.-54. Wachstumstag) statt. Bei Var.2 erfolgt sie einige Tage früher, nämlich zwischen der VI. und VII. Ernte (40.-47. Wachstumstag), das bedeutet, daß bei Variante 1 und 3 ein längerer Zeitraum für die Ausbildung einer optimalen Produktionskapazität zur Verfügung stand als bei Var.2.

Die Kurven für die Syntheseleistung des Systems für System (siehe Abb. 32) unter P-Mangelbedingungen in Variante 4 und 5 zeigen zwar gleiche Charakteristika wie bei Var.1, nämlich eine anfänglich relativ hohe Leistung, die bis etwa zur VI. Ernte ansteigt und dann stark abfällt, sie lassen insgesamt

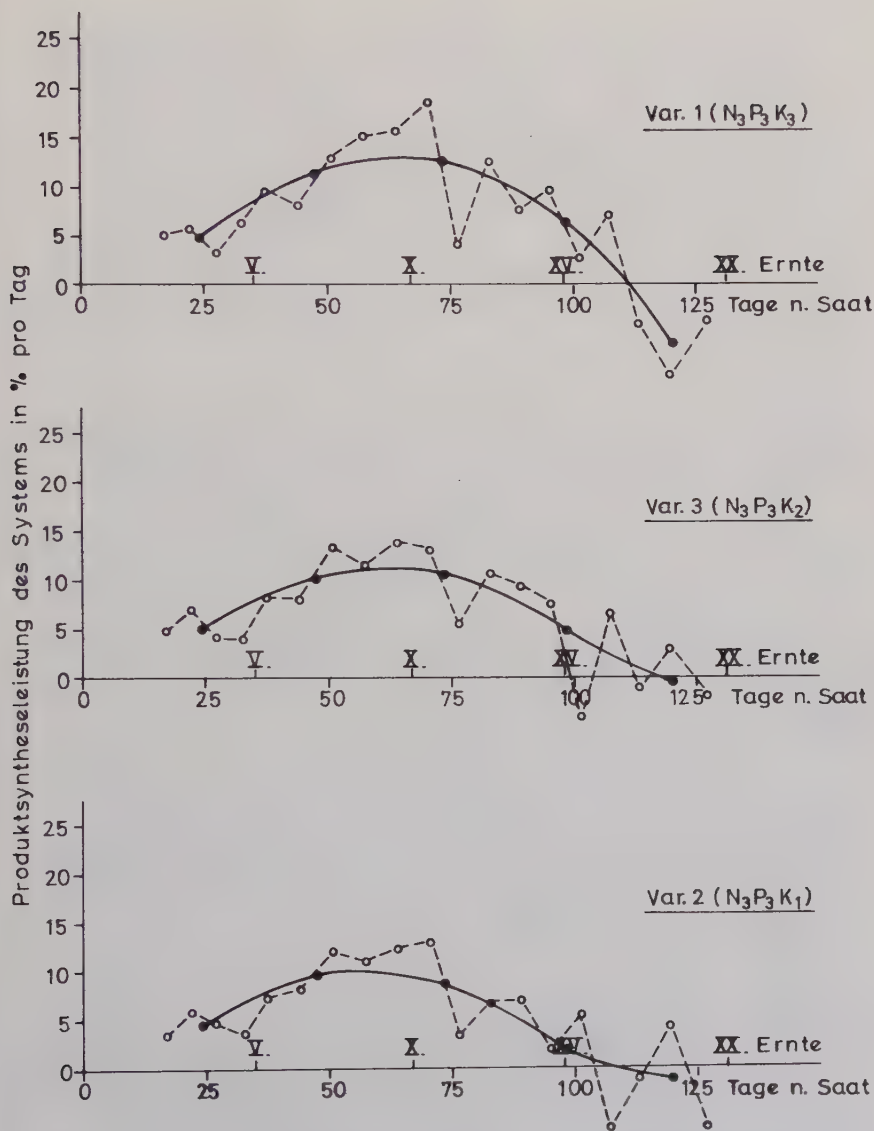


Abb. 33: Die Syntheseleistung des Systems für Produkt (in % pro Tag) in Abhängigkeit von der Kaliumversorgung (1970)

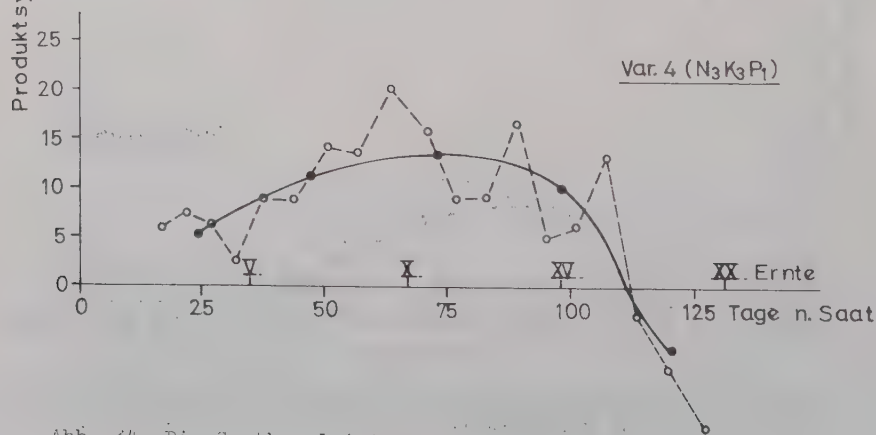
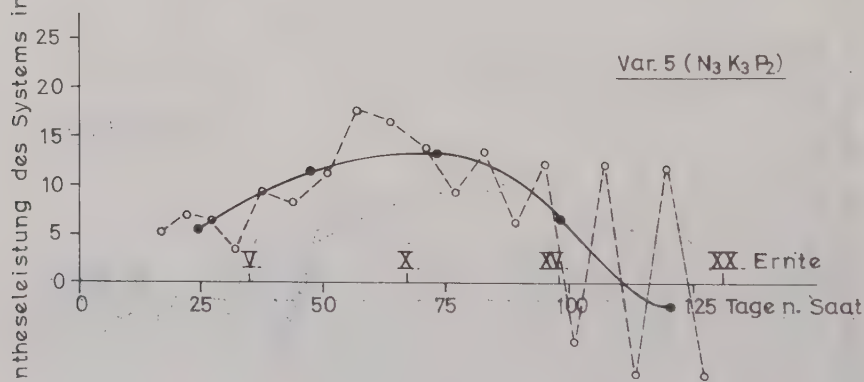
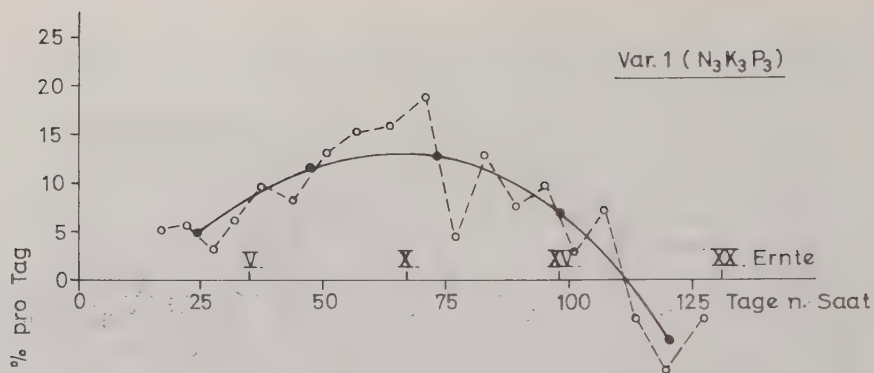


Abb. 54: Die Syntheseleistung des Systems für Produkt (in % pro Tag) in Abhängigkeit von der Phosphatversorgung (1970)

aber auch erkennen, daß eine unzureichende P-Versorgung zu einer geringeren Syntheseleistung des Systems für System führt. Auch hier ergeben sich von der X. Ernte an negative Werte, die sich bis zur Vollreife hinziehen, das heißt, daß in dieser Zeit im lebenden System die Abbauvorgänge über die Aufbauvorgänge überwiegen. Die Syntheseleistung des Systems für Produkt dagegen beginnt (Abb. 34), sowohl bei den P-Mangelvarianten als auch bei der Kontrolle zunächst mit niedrigen Werten zu Beginn der Vegetation, steigt allmählich an und erreicht ihre Höchstwerte in allen drei Varianten zwischen der X. und XI. Ernte (67.-74. Wachstumstag). Danach nimmt die Syntheseleistung ab, wobei sich auch innerhalb der einzelnen Varianten beträchtliche Schwankungen von Ernte zu Ernte ergeben. Bei Var.4 wird der Abfall der Syntheseleistungskurve für Produkt stärker hinausgezögert als bei den Varianten 1 und 5, also auch bei der Kontrolle, fällt zum Schluß aber umso rascher ab. Der Übergang in den negativen Bereich erfolgt bei Variante 4 und 5 ähnlich wie bei Var.1 zum gleichen Zeitpunkt, nämlich bei der XVII. Ernte (110. Wachstumstag). Im Gegensatz zur Syntheseleistung des Systems für Produkt unter K-Mangelbedingungen wird also durch schlechte P-Versorgung insgesamt die Syntheseleistung des Systems für Produkt nicht ungünstig beeinflusst. Zeitweilig liegt sie hier sogar höher als bei normaler und mäßiger P-Versorgung.

Was den Einfluß der P-Versorgung auf den Zeitpunkt der Stoffwechselumsteuerung von überwiegendem Systemwachstum auf vorherreichendes Produktwachstum betrifft, so ergibt sich beim Vergleich der Tabellen 18 und 19 über die Syntheseleistung des Systems für System und für Produkt, daß die Stoffwechselumsteuerung bei Variante 4 und 5 ebenso wie bei Var.1 zwischen der VII. und VIII. Ernte von staten geht, das bedeutet, daß kein sicherer Einfluß der P-Versorgung auf diesen physiologisch wichtigen Zeitpunkt zu verzeichnen ist.

Die Untersuchungen von LINSER und TITZE-BETTNER (1971) deuten darauf hin, daß in der Pflanze Beziehungen bestehen zwischen der Systemsynthese und der Mineralstoffaufnahme in dem Sinne,

daß zur Zeit des stärksten Systemwachstums die überwiegende Aufnahme von Kernnährstoffen erfolgt. Am Beispiel des Phosphats in Abhängigkeit von der N-Versorgung wurde dies von den genannten Autoren näher erläutert, Nachdem im Vorhergehenden gezeigt werden konnte, daß eine ungenügende K-Versorgung die Syntheseleistung des Systems sowohl für System als auch für Produkt herabsetzt, war es von Interesse zu untersuchen, ob eine entsprechende Wirkung des Kaliums auch hinsichtlich der Phosphataufnahme besteht. Hierzu wurde, wie von LINSER und TITZE-BETTNER (1971) vorgeschlagen, die P-Aufnahme je Pflanze und Tag während der Vegetationsperiode rechnerisch ermittelt und diesen Wert zur jeweils vorhandenen Systemmenge in Beziehung gesetzt, das heißt, in % der vorhandenen Systemmenge ausgedrückt. Es ergibt sich, wie aus der Abb. 35 und Tabelle 20 hervorgeht, daß die P-Aufnahmeleistung des Systems je Pflanze und Tag bei Var.1 während der ersten zwei Ernten besser ist als bei Variante 2 und 3. Bei den nächsten beiden Ernten besteht eine leichte Überlegenheit der Var.2 gegenüber den Varianten 3 und 1. Danach ist bis zur IX. Ernte, wo die P-Aufnahme im wesentlichen abgeschlossen ist, bei allen drei Varianten die P-Aufnahmeleistung des Systems etwa gleich.

Eine unzureichende K-Versorgung hat demnach keinen deutlichen Einfluß auf die P-Aufnahmeleistung des Systems. Ein Vergleich des zeitlichen Kurvenverlaufes für P-Aufnahmeleistung des Systems bei Varianten 1, 2 und 3 mit den Kurven für Syntheseleistung des Systems für System macht deutlich, daß der Kurvenverlauf zwar nicht identisch ist, aber daß gleiche Charakteristika des zeitlichen Verlaufes bei beiden Kurven zu erkennen ist. Dagegen unterscheiden sich der zeitliche Kurvenverlauf der Syntheseleistung des Systems für Produkt weitgehend von den Kurven der P-Aufnahmeleistung des Systems, so daß die Befunde von LINSER und TITZE-BETTNER (1971), daß die P-Aufnahme eng mit den Prozessen der Syntheseleistung des Systems für System und nicht für Produkt in Zusammenhang besteht, bestätigt werden. Die eigenen Untersuchungen führen

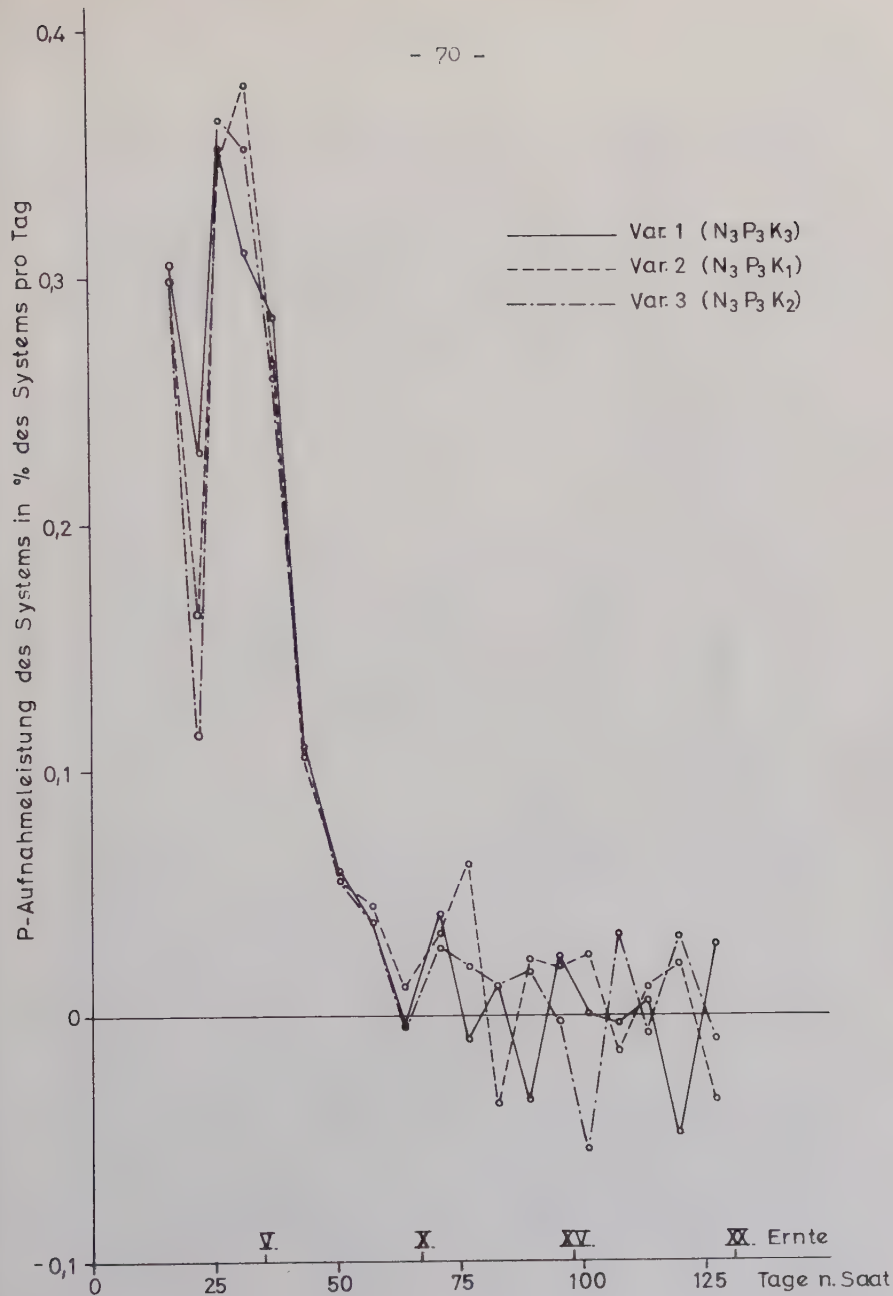


Abb. 35: Die P-Aufnahmeleistung des Systems in % der vorhandenen Systemmenge pro Tag in Abhängigkeit von der Kaliumversorgung (Versuch 1970)

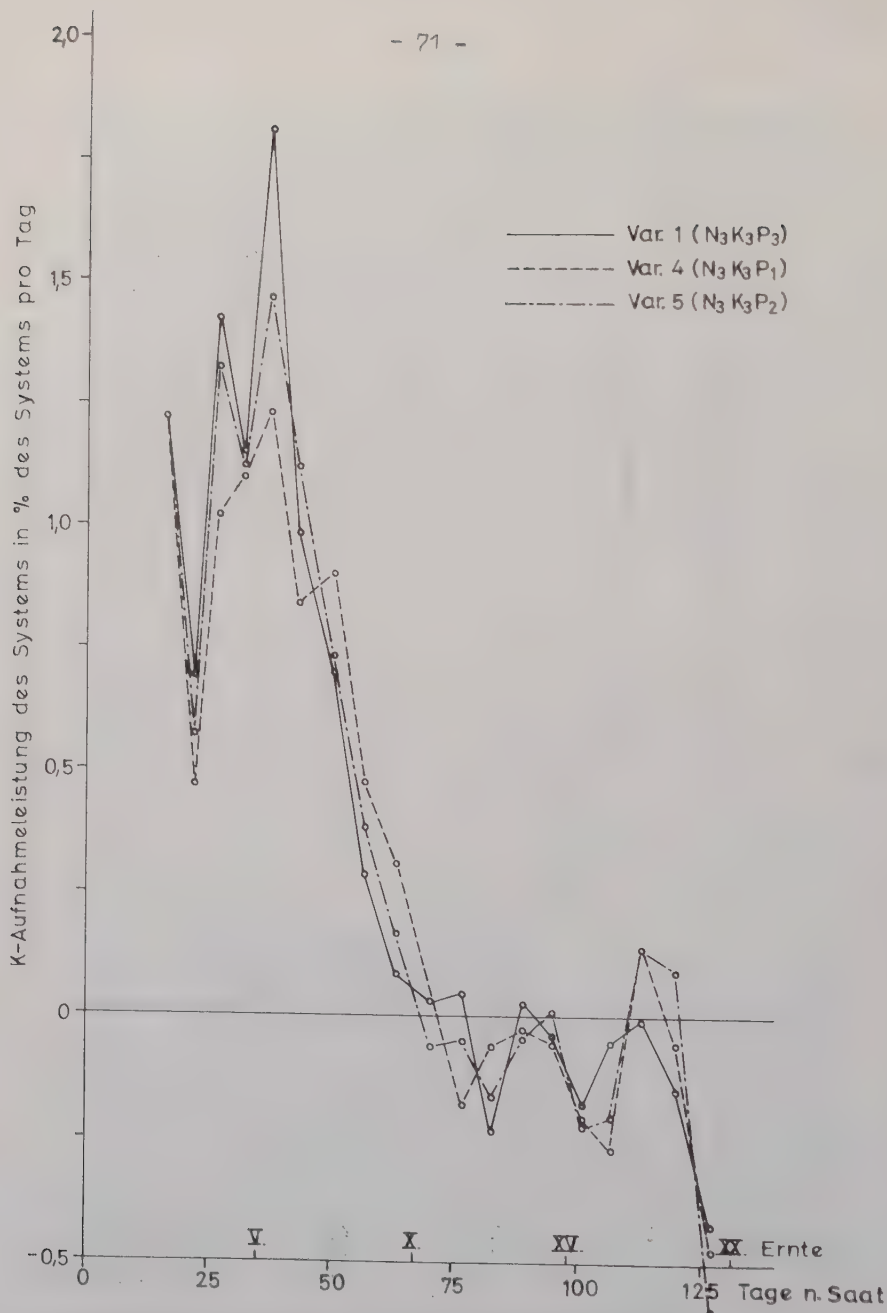


Abb. 56: Die K-Aufnahmeleistung des Systems in % der vorhandenen Systemmenge pro Tag in Abhängigkeit von der Phosphatversorgung (Versuch 1970)

darüberhinaus zu dem Ergebnis, daß eine nicht ausreichende Kaliumversorgung die Aufnahmeleistung des Systems für Phosphat nicht beeinträchtigt.

Wie in den K-Mangelvarianten die Aufnahmeleistung des Systems für Phosphat, so wurde in den Varianten mit variiertem P-Ernährung für Kalium geprüft, ob Zusammenhänge zwischen der Syntheseleistung des Systems und der Aufnahme für Kalium bestehen. Hierzu wurde wiederum die tägliche aufgenommene K-Menge je Pflanze mit der jeweils vorhandenen Systemmenge in Beziehung gesetzt (siehe Abb. 36 und Tabelle 21). Es ergibt sich, daß durch steigende Phosphatgaben die K-Aufnahmeleistung des Systems merklich gefördert wird. Von der II.-VI. Ernte ergibt sich eine wesentlich bessere Aufnahmeleistung des Systems für Kalium in der Variante mit normaler P-Versorgung (Var.1), insbesondere im Vergleich mit der Var.4 (schlechte P-Versorgung). Der Einfluß mäßiger P-Versorgung (Var.5) auf die Aufnahmeleistung des Systems für Kalium ist verhältnismäßig gering, lediglich zwischen der IV. und V. Ernte wird die Überlegenheit der Kontrolle deutlich. Zu den späteren Erntezeiten (ab X. Ernte) bestehen zwischen den einzelnen P-Versorgungsstufen keine sicheren Unterschiede mehr. Es ist aber hervorzuheben, daß zu diesem Zeitpunkt die K-Aufnahme im wesentlichen abgeschlossen war. Zusammenfassend ist zu sagen, daß zur Zeit der Hauptkaliumaufnahme ein deutlicher Einfluß der P-Versorgung auf die Aufnahmeleistung des Systems für Kalium besteht.

Hauptaufgabe der vorliegenden Untersuchungen war es, den Einfluß der beiden Nährstoffe Phosphat und Kalium auf System- und Produktwachstum zu untersuchen und die Wirkung beider Elemente in besagtem Sinne miteinander zu vergleichen. Das letztere ist exakt nur möglich, wenn man Pflanzen mit jeweils gleich starkem Mangel an dem betreffenden Element miteinander in Beziehung setzen kann. Es erhebt sich nun die Frage, was als "gleich starker Mangel" zu bezeichnen ist. Besteht dann gleich starker Mangel, wenn durch jedes der beiden Elemente zum Beispiel der Erntertrag gegenüber einer

Optimalversorgung um den gleichen Betrag erniedrigt wird? Geht man von dieser Voraussetzung aus, daß die Wirkung eines Elementes auf den Ertrag als Hauptkriterium für den Grad der Mangelsituation angesehen werden kann, so läßt sich im Hinblick auf die beiden beschriebenen Versuche mit variiertem K- und P-Versorgung feststellen, daß der K-Mangel sich stärker auf den Ertrag auswirkte als der P-Mangel.

Es dürfte ebenso zulässig sein, andere Kriterien zur Kennzeichnung einer Mangelsituation heranzuziehen. Nimmt man im vorliegenden Versuch zum Beispiel als Kriterium die Maximalwerte für das lebende System (Tab. a), so kann man feststellen, daß diese Werte bei der schlechten K- und der schlechten P-Versorgung sowie bei der mäßigen K- und der mäßigen P-Versorgung, wie sie in diesem Versuch vorlagen, in fast gleicher Weise gegenüber der Kontrolle erniedrigt waren, so daß aus dieser Sicht gesehen, die Pflanzen unter gleich starkem P- bzw. K-Mangel standen.

Diese Überlegung zeigt, daß es nicht einfach ist, die Wirkung zweier Elemente auf bestimmte Leistungen der Pflanze miteinander zu vergleichen.

Die Untersuchungen haben, wie aus der Tabelle a ersichtlich wird, dargelegt, daß eine der wichtigsten und nachhaltigsten Wirkungen sowohl des P- als auch des K-Mangels eine verminderte Systemsynthese ist, was sowohl in den Maximalwerten für System als auch in den maximalen Zuwachsraten zum Ausdruck kommt. Bei schlechter K-Versorgung (Var.2) sind diese Maximalwerte für lebendes System um 28%, bei schlechter P-Versorgung (Var.4) um 26% erniedrigt. Die mäßige Versorgung mit beiden Nährstoffen (Varianten 3 und 5) führt zu einem relativ geringeren Abfall von 7% bei K und 4% bei P. Noch stärker werden die maximalen Zuwachsraten betroffen, die bei schlechter K-Versorgung um 31% und schlechter P-Versorgung um 30% erniedrigt worden sind. Die wohl wesentlichste Bedeutung beider Nährstoffe muß also in ihrer Wirkung auf die Ausbildung des lebenden Systems und damit die Produktionskapazität der Pflanze gesehen werden.

Tabelle a): Höchstwerte für Systemmenge, Systemmengen am Ende der Vegetation und maximale Zuwachsraten für System (in den vegetativen Pflanzenteilen; mg System/Pfl.)

| Variante   | Maximalwerte für System | Endwerte für System | maximale Zuwachsraten |
|------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|
| Kontrolle  | 1109,9                  | 321,4               | 33,9                  |
| mäßig K    | 1030,4                  | 353,4               | 31,9                  |
| schlecht K | 797,4                   | 374,9               | 23,3                  |
| mäßig P    | 1061,8                  | 300,7               | 32,4                  |
| schlecht P | 824,9                   | 276,6               | 23,8                  |

Tabelle b): Systemmengen in den Körnern (ruhendes System) am Ende der Vegetation und die maximalen Zuwachsraten für ruhendes System (mg/Pfl.)

| Variante   | ruhendes System am Vegetationsende | maximale Zuwachsraten |
|------------|------------------------------------|-----------------------|
| Kontrolle  | 915,6                              | 26,7                  |
| mäßig K    | 740,9                              | 23,3                  |
| schlecht K | 551,6                              | 13,5                  |
| mäßig P    | 1025,6                             | 29,1                  |
| schlecht P | 828,0                              | 25,1                  |

In Tabelle b sind die Angaben über die Menge des ruhenden Systems bei Versuchsende und seine maximalen Zuwachsraten zusammengestellt. Beim Vergleich der Tabellen a und b fällt auf, daß in den P-Mangelvarianten 4 und 5 den gegenüber der Kontrolle mehr oder weniger erniedrigten Maximalwerten für lebendes System bei der X. Ernte sehr stark erhöhte Endwerte für ruhendes System gegenüberstehen. Dieser erstaunliche Befund

wird erklärlich, wenn man auch die Werte für das lebende und ruhende System bei der XV. Ernte heranzieht, wie dies in Tabelle c geschieht. Hier sind in Spalte 3 die Mengen von lebendem und ruhendem System bei der XV. Ernte addiert, in Spalte 6 die entsprechenden Mengen bei Versuchsende. Es zeigt sich, daß in allen Varianten diese Summen bei Versuchsende wesentlich höher sind als bei der XV. Ernte, das heißt, daß in der Zwischenzeit die in Spalte 7 genannten Werte an System synthetisiert worden sein müssen. Da auch das ruhende System nur vom lebenden System synthetisiert werden kann, muß diese Differenz noch als echte Syntheseleistung des lebenden Systems für System zwischen der XV. Ernte und Versuchsende angesehen werden. Besonders auffallend ist nun, daß in den P-Mangelvarianten diese Syntheseleistung mehr als doppelt so hoch ist wie in der Kontrolle und fast dreimal so hoch wie bei der K-Mangelvarianten.

Tabelle c): Veränderungen in der Menge des lebenden und ruhenden Systems zwischen der XV. Ernte und Vollreife (1970)

| Variante   | 1<br>mg lebendes<br>System bei<br>der XV. Ernte | 2<br>mg ruhendes<br>System bei<br>der XV. Ernte | 3<br>Summe von<br>lebendem und<br>ruhendem System<br>bei der XV. Ernte | 4<br>mg lebendes<br>System bei<br>Versuchsende<br>(XX. Ernte) | 5<br>mg ruhendes<br>System bei<br>Versuchsende<br>(XX. Ernte) | 6<br>Summe von<br>lebendem und<br>ruhendem System<br>bei Versuchsende<br>(XX. Ernte) | 7<br>Differenz von<br>Spalten 6 und 3:<br>Zuwachs (mg/Pfl.)<br>an ruhendem System<br>zwischen der<br>XV. und XX. Ernte |
|------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kontrolle  | 562,8                                           | 544,6                                           | 1107,4                                                                 | 321,4                                                         | 915,6                                                         | 1237,0                                                                               | 129,6                                                                                                                  |
| mäßig K    | 577,1                                           | 434,3                                           | 1011,4                                                                 | 353,4                                                         | 740,9                                                         | 1094,3                                                                               | 82,9                                                                                                                   |
| schlecht K | 519,4                                           | 301,8                                           | 821,2                                                                  | 374,9                                                         | 551,6                                                         | 926,5                                                                                | 105,3                                                                                                                  |
| mäßig P    | 572,9                                           | 482,4                                           | 1055,3                                                                 | 300,7                                                         | 1025,6                                                        | 1326,3                                                                               | 271,0                                                                                                                  |
| schlecht P | 513,0                                           | 348,3                                           | 861,3                                                                  | 276,6                                                         | 828,0                                                         | 1104,6                                                                               | 243,3                                                                                                                  |

Aus dieser Tatsache muß gefolgert werden, daß unter P-Mangelbedingungen die Syntheseleistung des lebenden Systems für System in den einzelnen Abschnitten der Vegetation nicht gleich ist. Es scheint so, als wenn bei P-Mangel einer anfänglichen Periode geringerer Syntheseleistung für System eine Periode verstärkter Syntheseleistung in der generativen Entwicklung folgt. Die Beantwortung der Frage, worauf diese Zunahme der Syntheseleistung für System in einem späteren Wachstumsabschnitt zurückzuführen ist, muß offen bleiben.

In der Tabelle d sind die Maximalwerte für Produkt, wie sie für alle Varianten etwa zum gleichen Zeitpunkt der XVII. Ernte (bei schlechter K-Versorgung einige Tage früher) erreicht wurden, sowie die Werte für Produkt beim Versuchsende zusammengestellt. Hierbei ergeben sich zwischen den beiden Nährstoffen P und K erhebliche Unterschiede. Während bei P-Mangel die Maximalwerte nur um 6% bzw. 16% niedriger liegen als die der Kontrolle, betragen die entsprechenden Werte beim K-Mangel 24% bzw. 47%.

Tabelle d): Höchstwerte für Produktmenge, Produktmengen am Ende der Vegetation und maximale tägliche Zuwachsraten für Produkt (mg/Pfl.)

| Variante   | Maximalwerte<br>für Produkt | Endwerte für<br>Produkt | maximale<br>Zuwachsraten |
|------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Kontrolle  | 6496,0                      | 6063,0                  | 133,5                    |
| mäßig K    | 4926,8                      | 4905,7                  | 102,8                    |
| schlecht K | 3446,6                      | 3173,5                  | 68,5                     |
| mäßig P    | 6092,6                      | 5873,7                  | 130,4                    |
| schlecht P | 5447,7                      | 4895,4                  | 105,8                    |

Auch die Maximalwerte für Produkt sind, ebenso wie die Werte für ruhendes System bei Vegetationsende, nicht in Einklang zu bringen mit den Maximalwerten für lebendes System in Tabelle a.

Wenn etwa gleiche Mengen an lebendem System bei schlechter und bei mäßiger P- und K-Versorgung zu so unterschiedlichen Maximalwerten für Produkt führen, muß daraus geschlossen, daß die beiden Nährstoffe in ganz unterschiedlicher Intensität auf die Syntheseleistung für Produkt eingewirkt haben.

Nun mag der Vergleich zwischen den Maximalwerten für lebendes System bei etwa der X. Ernte mit den Maximalwerten für Produkt bei der XVII. Ernte nicht ohne weiteres zulässig sein. Wenn man aber, wie es in der Tabelle e geschehen ist, zu verschiedenen Zeitpunkten die pro Gramm System synthetisierten Mengen an Produkt errechnet, so werden die Vermutungen über eine unterschiedliche Syntheseleistung des Systems für Produkt bei P- und bei K-Mangelbedingungen bestätigt. Die entsprechenden Werte zeigen, daß unter P-Mangelbedingungen, sei es bei schwachem oder starkem P-Mangel, zu allen fünf herausgegriffenen Erntezeiten die Syntheseleistung des Systems für Produkt praktisch dieselbe ist, wie bei einer normalen P-Versorgung. Die K-Mangelvarianten dagegen lassen, mit Ausnahme der VIII. Ernte, mit Fortschreiten der Vegetation ein zunehmendes Nachlassen der Syntheseleistung des Systems für Produkt erkennen und zwar um so stärker, je schlechter die K-Versorgung ist. Unter den vorliegenden Versuchsbedingungen übte somit P-Mangel keinen negativen Einfluß auf die Syntheseleistung des Systems für Produkt aus, während sie durch K-Mangel sehr deutlich reduziert wurde.

Tabelle e): Die zu verschiedenen Zeitpunkten pro 1g System produzierte Menge an Produkt in mg

| Ernte | Var.1 | Var.2 | Var.3 | Var.4 | Var.5 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| VI.   | 320   | 267   | 290   | 351   | 347   |
| VIII. | 912   | 1032  | 989   | 950   | 845   |
| X.    | 2333  | 2009  | 2008  | 2515  | 2390  |
| XII.  | 4000  | 2986  | 3514  | 4133  | 4174  |
| XIV.  | 5787  | 3870  | 4821  | 5889  | 5556  |

Neben den Einflüssen von P und K auf das Wachstum von System und Produkt war von besonderem Interesse, den Einfluß dieser beiden Nährstoffe auf den Zeitpunkt der Stoffwechselumsteuerung in der Pflanze zu untersuchen. LACH (1969) konnte zeigen, daß der Nährstoff Stickstoff diesen Zeitpunkt wesentlich verändern kann, indem eine hohe N-Versorgung diesen Zeitpunkt hinaus schiebt, eine schlechte ihn vorverlegt. Ein solcher deutlicher Einfluß von P und K, sei es in der einen oder anderen Weise, konnte bei den vorliegenden Untersuchungen nicht festgestellt werden, abgesehen von einer geringfügigen Vorverlegung der Stoffwechselumsteuerung unter starken K-Mangelbedingungen (Var.2). Rein theoretisch ist ein Einfluß auf den Zeitpunkt der Stoffwechselumsteuerung auch eher von solchen Elementen zu erwarten, die am Aufbau des lebenden Systems am stärksten beteiligt sind, so wie es beim Stickstoff der Fall ist.

In dem einen Teil des Versuches wurde der Einfluß des Kaliums auf die Aufnahmeleistung des Systems für Phosphat, im anderen Teil die Wirkung der Phosphaternährung auf die Aufnahmeleistung des Systems für Kalium untersucht. Ein genereller Vergleich über die Wirkung beider Nährstoffe auf die Aufnahmeleistung des Systems für Mineralstoffe ist deshalb nicht möglich. Die Arbeit von LINSER und TITZE-BETTNER (1971), sowie die eigenen Untersuchungen ermöglichen aber einen Vergleich zwischen N und K hinsichtlich ihres Einflusses auf die Aufnahmeleistung des Systems für Phosphat. Während LINSER und TITZE-BETTNER (1971) zu dem Ergebnis kommen, daß mit steigender Stickstoffversorgung die Aufnahmeleistung des Systems für Phosphat verbessert wird, wird in der vorliegenden Arbeit gezeigt, daß ein solcher Einfluß des Kaliums nicht vorhanden ist. Zu einem anderen Ergebnis führte der Versuch mit variierten P-Gaben. Hier wird deutlich, daß mit steigender P-Versorgung die Aufnahmeleistung des Systems für Kalium verbessert wird.

## II. Einfluß einer variierten Kupfergabe auf das System- und Produktwachstum bei Sommerweizen (Gefäßversuch 1971)

Der essentielle Charakter des Kupfers als Mikronährstoff für das Pflanzenwachstum wurde bereits vor Jahrzehnten durch Vegetationsversuche und analytische Untersuchungen nachgewiesen. Es ist zur Vollendung des Lebenszyklus der Pflanze unentbehrlich, und seine spezifische Wirkung auf das Pflanzenwachstum ist durch kein anderes Element ersetzbar.

Kupfer ist ein wichtiger Katalysator im Stoffwechselgeschehen der Pflanze, indem es sich einerseits am Aufbau einiger Enzyme wie Nitritreduktase, Phenoloxidasen und Ascorbinsäureoxidasen direkt beteiligt, andererseits Enzyme bzw. Enzymsysteme aktiviert.

Eine unzureichende Cu-Versorgung der Pflanzen könnte deshalb Veränderungen in der Proteinsynthese und somit im System- und Produktwachstum bzw. in der Ertragsbildung hervorrufen.

### 1. Versuchsanlage und -beschreibung

Der Gefäßversuch, der zeigen sollte, wie sich eine unzureichende Cu-Versorgung von Weizenpflanzen auf das System- und Produktwachstum auswirkt, wurde im Vegetationsjahr 1971 angelegt.

- Versuchspflanze : Sommerweizen Heines Koga II  
Keimfähigkeit: 84 %  
TKG: 36,4 g
- Aussaatmenge : 40 Körner je Gefäß
- Versuchsumfang : 3 X 32 = 96 Mitscherlichgefäße mit  
je 6,25 kg Boden
- Versuchsboden : "Oldenburg", ein mit P und K gut versorgter,  
mit Cu mäßig bis schlecht versorgter  
humoser Sandboden

|                                       |                      |
|---------------------------------------|----------------------|
| PH <sub>(KCl)</sub>                   | 5,4                  |
| PH <sub>(H<sub>2</sub>O)</sub>        | 6,3                  |
| mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (DL) | 12,5                 |
| mg K <sub>2</sub> O (DL)              | 13,0                 |
| Cu                                    | 4,0 ppm (Westerhoff) |

Der aus den Kupfermangelgebieten Oldenburgs stammende Versuchsboden erwies sich bei der Bodenuntersuchung als nicht so arm an Kupfer, wie es wünschenswert gewesen wäre. Durch die Form der N-Düngung und eine relativ hohe Kalkgabe wurde versucht, das Auftreten von Kupfermangel zu verstärken. Wie die Ergebnisse zeigen werden, gelang das nur bis zu einem gewissen Grade.

#### Versuchs- und Düngungsplan:

Der Versuch bestand aus drei Varianten, die sich in der Höhe der Cu-Gaben unterschieden:

- Variante 1: 50mg Cu als CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O (gut versorgt)
- Variante 2: 0mg Cu (schlecht versorgt)
- Variante 3: 5mg Cu als CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O (mäßig versorgt)

Außerdem erhielt jedes Gefäß:

- 1,5g N als Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O
- 1,5g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und 2g K<sub>2</sub>O als K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>
- 12g CaCO<sub>3</sub>, 3g MgCO<sub>3</sub>
- 300mg MnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O

Die N-Düngung wurde in drei Gaben verabreicht, und zwar 0,6g N in fester Form bei Versuchsbeginn am 6.4.1971, 0,5g N in Lösung am 14.5.1971 (IV. Ernte) und 0,4g N am 8.6.1971 (VIII. Ernte)

Aussaattermin: 8.4.1971

Aufgang : 15.4.1971

Ernteplan: Im Verlauf der Vegetation wurden an den oberirdischen Pflanzenteilen 5 Vereinzlungen und 15 Ernten in Zeitabschnitten von 5-7 Tagen vorgenommen

| Ernte  | Datum     | Tage nach Saat | Anzahl der geernteten Pflanzen je Gefäß |
|--------|-----------|----------------|-----------------------------------------|
| I.     | 23.4.1971 | 15             | vereinzelt auf 30 Pfl./Gef. 162         |
| II.    | 30.4.1971 | 22             | vereinzelt auf 26 Pfl./Gef. 128         |
| III.   | 7.5.1971  | 29             | vereinzelt auf 22 Pfl./Gef. 128         |
| IV.    | 14.5.1971 | 36             | vereinzelt auf 19 Pfl./Gef. 96          |
| V.     | 21.5.1971 | 43             | vereinzelt auf 16 Pfl./Gef. 96          |
| VI.    | 27.5.1971 | 49             | 2 Gefäße zu je 16                       |
| VII.   | 2.6.1971  | 55             | 2 Gefäße zu je 16                       |
| VIII.  | 8.6.1971  | 61             | 2 Gefäße zu je 16                       |
| IX.    | 14.6.1971 | 67             | 2 Gefäße zu je 16                       |
| X.     | 20.6.1971 | 73             | 2 Gefäße zu je 16                       |
| XI.    | 26.6.1971 | 79             | 2 Gefäße zu je 16                       |
| XII.   | 2.7.1971  | 85             | 2 Gefäße zu je 16                       |
| XIII.  | 8.7.1971  | 91             | 2 Gefäße zu je 16                       |
| XIV.   | 14.7.1971 | 97             | 2 Gefäße zu je 16                       |
| XV.    | 20.7.1971 | 103            | 2 Gefäße zu je 16                       |
| XVI.   | 26.7.1971 | 109            | 2 Gefäße zu je 16                       |
| XVII.  | 2.8.1971  | 116            | 2 Gefäße zu je 16                       |
| XVIII. | 7.8.1971  | 121            | 2 Gefäße zu je 16                       |
| XIX.   | 13.8.1971 | 127            | 2 Gefäße zu je 16                       |
| XX.    | 19.8.1971 | 133            | 2 Gefäße zu je 16                       |

## 2. Wachstumsbeobachtungen

Wachstumsbeobachtungen bei Varianten 1, 2 und 3

### Ernte

### Wachstumsbeobachtungen

---

- I. 1.Blatt entwickelt sich, 2.Blatt ist angelegt
- II. 3.Blatt ist angelegt u. entwickelt sich, Pfl.Höhe 13 cm
- III. Bestockung beginnt, 5.Blatt ist angelegt, Pfl.Höhe 20 cm
- IV. Zunehmende Bestockung, 3-4 Nebentriebe/Pfl., Pfl.Höhe 29 cm, 2. N-Gabe: 0,5g N als  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  pro Gefäß
- V. 1. und 2.Blatt vergilben, Bestockung beendet, Pfl.Höhe 46 cm, keine Unterschiede zwischen den 3 Varianten
- VI. Schossen setzt ein, 3.Blatt vergilbt, Pfl.Höhe 56 cm
- VII. Mehrtaubefall, gespritzt mit Calixin (1,5 ml Wirkstoff/Liter + Netzmittel), Pfl.Höhe 66 cm
- VIII. Die untersten Blätter stark vergilbt; Blattlausbefall, gespritzt mit E 605, 3. N-Gabe: 0,4g N als  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  pro Gefäß
- IX. Schossen noch nicht beendet, Pfl.Höhe 90 cm
- X. Ährenschieben beginnt, einige Ähren stecken noch in der Blattscheide, Pfl.Höhe 92 cm
- XI. Ährenschieben beendet, beginnende Blüte, Pfl.Höhe 105 cm
- XII. Volle Blüte, Pfl.Höhe 112 cm
- XIII. Abblühen beginnt, keine besonderen Unterschiede zwischen den 3 Varianten sind festzustellen
- XIV. Beginn der Milchreife
- XV. Erste Trennung der Körner möglich
- XVI. Fortschreitende Vergilbung von Blättern und Stengeln, Ähren zeigen hellgrüne Farbe
- XVII. Zahl der noch grünen Ähren ist bei Variante 2 (Omg Cu/Gef.) größer als bei den anderen 2 Varianten (leichte Reifeverzögerung bei Var.2)
- XVIII.
- XIX.
- XX. Vollreife

### 3. Einfluß der Kupferversorgung auf:

#### a. Frischerträge (Abb. 37, Tabelle 22)

Die Werte für Frischgewichte lassen erkennen, daß sich besonders in der Periode des vegetativen Wachstums zwischen den drei mit kupfer unterschiedlich versorgten Varianten nur geringe Unterschiede ergeben haben.. Bis zum 73. Wachstumstag liegen die Frischerträge etwa auf gleicher Höhe. Zwischen X. und XV. Ernte, also zur Zeit der Blüte bis Milchreife, werden jedoch deutliche Unterschiede im Frischgewicht erkennbar. In dieser Periode werden auch die Höchstwerte erreicht. Sie liegen in der Variante 1 (50mg Cu/Gef.) über Variante 3 (5mg Cu/Gef.) und die Werte der Variante 3 sind höher als die der Variante 2 (0mg Cu/Gef.). Ab der XV. Ernte erfahren die Frischerträge durch die fortschreitende Reife eine starke Abnahme. Die Unterschiede in den Frischgewichten zwischen den drei Varianten sind ab der XV. Ernte bis zum Ende der Vegetation sowohl im Ähren- als auch im Strohertrag nur noch gering.

#### b. Trockenerträge (Abb. 38, Tabelle 23)

Im Trockengewicht sind die Ertragsunterschiede zwischen den drei Varianten in Abhängigkeit von der Höhe der Cu-Gabe etwas deutlicher als beim Frischgewicht. Während der ersten acht Wachstumstage sind zwar keine besonderen Unterschiede festzustellen. Ab der VII. Ernte wird jedoch deutlich, daß die Trockenerträge in Variante 1 höher liegen als in Variante 3 und die in Variante 3 höher als in Variante 2. Die am Ende der Vegetation erzielten Gesamterträge (ganze Pflanze) betragen bei Variante 1 = 6,89g, Variante 3 = 6,41g und Variante 2 = 6,20g pro Pflanze. Die entsprechenden Zahlen für Stroh betragen bei Variante 1 = 4,31g, Variante 3 = 3,95g und Variante 2 = 3,98g je Pflanze.

Ab der XV. Ernte war es möglich die Körner zu isolieren und Korntragsbestimmungen vorzunehmen. Dabei ergibt es sich als

Folge der unterschiedlichen Cu-Versorgung, daß bei allen sechs Ernten die Kornerträge je Pflanze bei Variante 1 deutlich über Variante 3 und bei Variante 3 über Variante 2 liegen. Bei Versuchsende ergeben sich folgende Kornerträge: Variante 1 = 2,58g, Variante 3 = 2,46g und Variante 2 = 2,22g je Pflanze.

Die Trockenерträge bei der Ernte, aber auch schon zur Zeit der generativen Entwicklung, lassen also erkennen, daß die Kupferdüngung den Ertrag günstig beeinflusste, und zwar vor allem den Kornertrag. Das Versuchsziel, mit Kupfer unterschiedlich versorgte Pflanzen zu erhalten, um bei ihnen das Wachstum des "lebenden Systems" und seine Syntheseleistung verfolgen zu können, wurde soweit erreicht, wenn auch nicht mit so eindeutigen Nährstoffwirkungen, wie sie im Falle des Kaliums erhalten wurden.

Ähnliche positive Wirkungen einer Kupferdüngung auf den Kornertrag von Getreide wurden in zahlreichen Veröffentlichungen beschrieben, u.a. von ASMUS (1961), RADEMACHER (1940) und SCHARRER (1955).

#### c. Roh- und Reinproteingehalte (Abb. 39 und 40, Tab. 24 und 25)

An dem bei den einzelnen Ernten gewonnenen Pflanzenmaterial wurde zunächst eine Rohproteinbestimmung vorgenommen. Die Rohproteingehalte bei den ersten Ernten unterscheiden sich voneinander nur sehr geringfügig. Den höchsten Gehalt bei der I. Ernte zeigt Variante 2 (0mg Cu) mit 38,7%, danach folgen ohne nennenswerten Unterschied Variante 3 (5mg Cu) 38,4% und Variante 1 (50mg Cu) mit 37,7% Rohprotein in der Trockensubstanz. Nach einem vorübergehenden geringen Abfall bleiben die Gehalte dann bis zur IV. Ernte ziemlich konstant. Danach kommt es zu einer Periode, in der der Rohproteingehalt bei allen drei Varianten schnell und steil abfällt, ohne daß sich deutliche Unterschiede in Abhängigkeit von der Höhe der Kupferdüngung erkennen lassen. Nach der VIII. Ernte nehmen die Rohproteingehalte nur noch langsam ab. Sie liegen aber von diesem

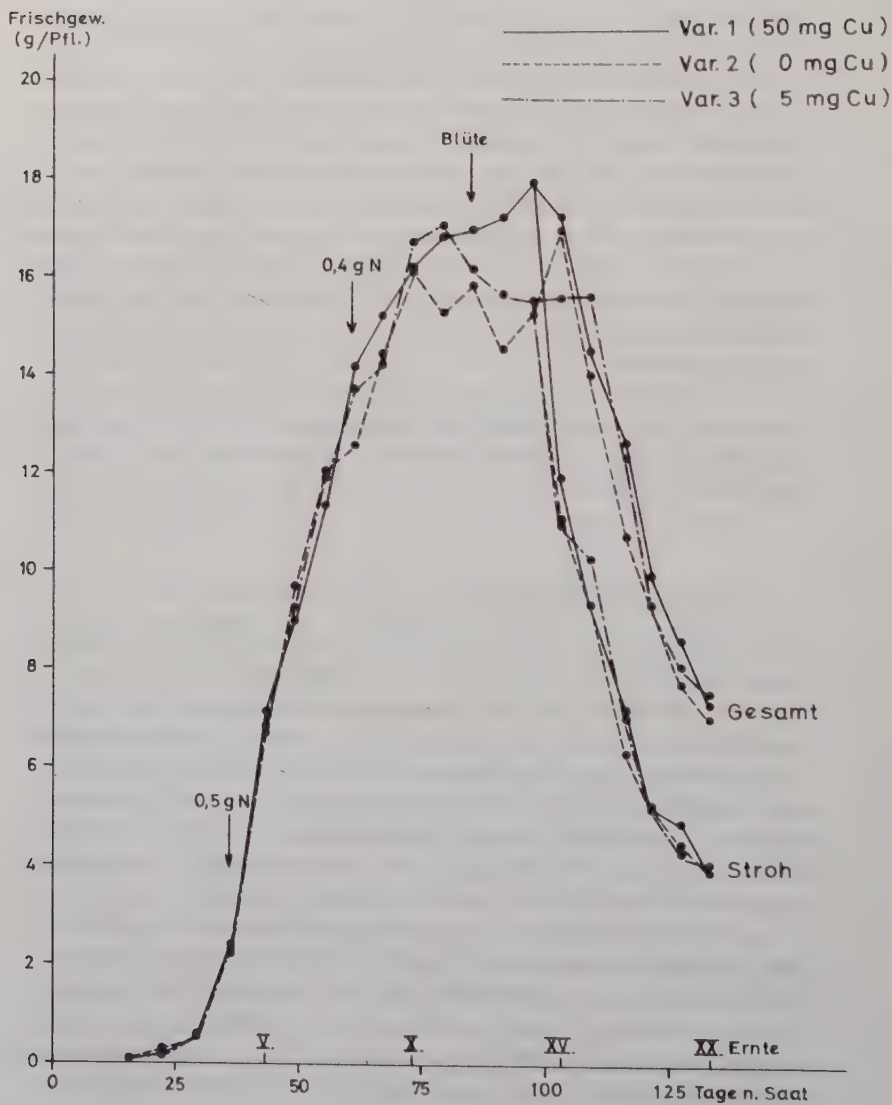


Abb. 37: Frischgewichte des Sommerweizens während der Vegetation in Abhängigkeit von der Kupferversorgung (Versuch 1971)

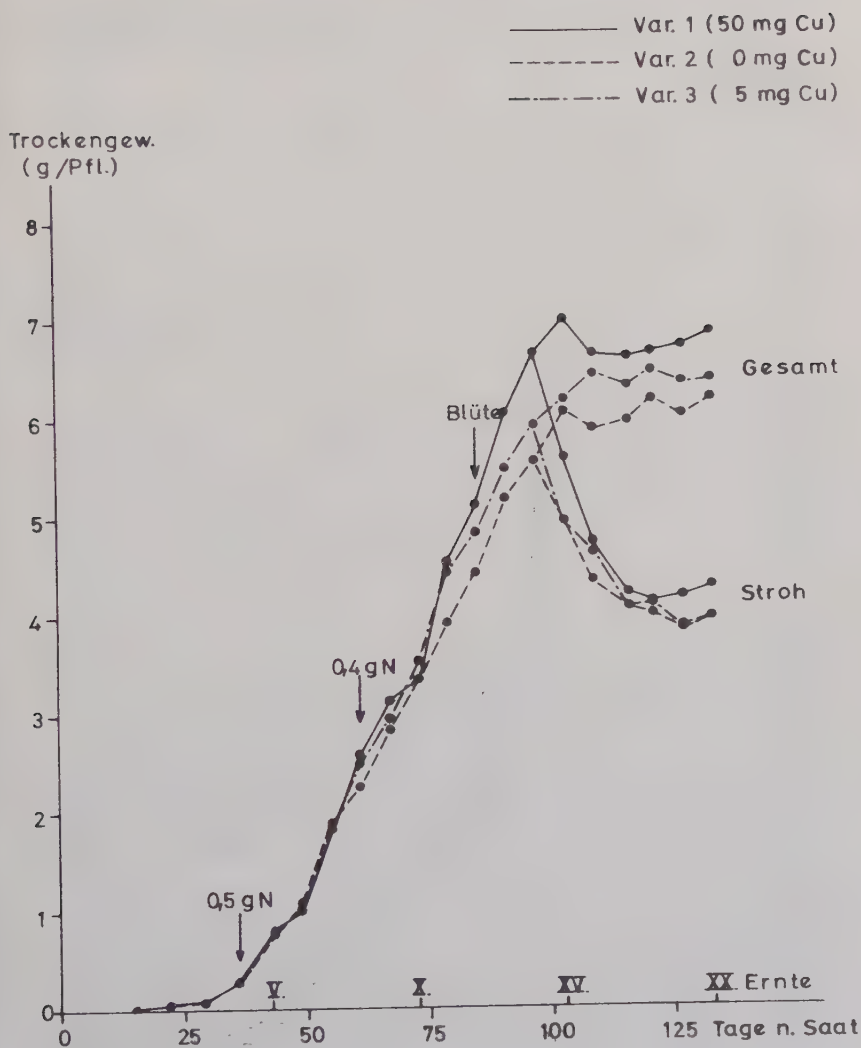
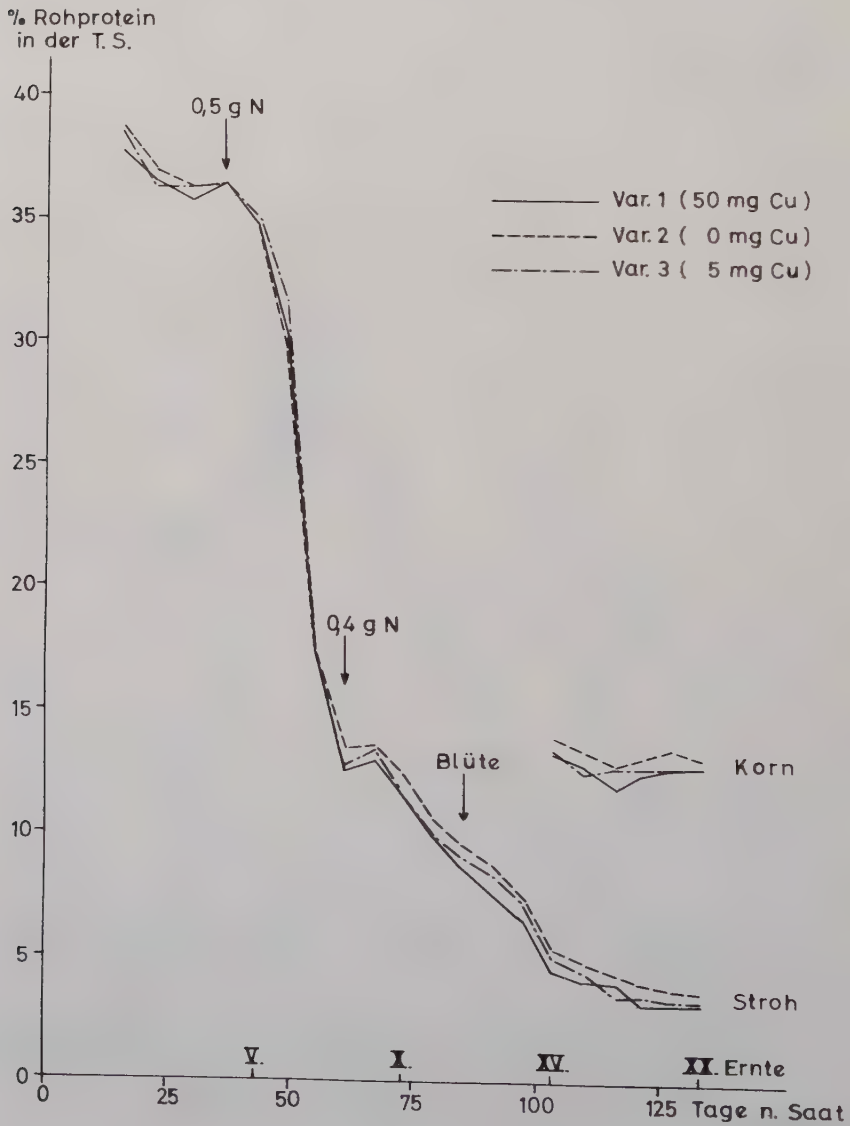


Abb. 38: Trockengewichte des Sommerweizens während der Vegetation in Abhängigkeit von der Kupferversorgung (Versuch 1971)

Abb. 39: Rohproteingehalte des Sommerweizens (in % der T.S.) in Abhängigkeit von der Kupferversorgung (Versuch 1971)



Zeitpunkt bis zum Ende der Vegetation im Stroh der Variante 2 am höchsten. Variante 3 und 1 folgen mit kleinen Unterschieden, und bei der Vollreife betragen sie bei Variante 2 = 3,7%, Variante 3 = 3,4% und Variante 1 = 3,2%. Auch in den Körnern liegen die Rohproteingehalte in der Cu-Mangelvariante 2 mit 13,2% höher als bei Variante 3 und 1 mit 12,8% und 12,8%.

Wie beim Rohprotein bestehen auch im Reinproteingehalt vor allem zu Beginn der Vegetation zwischen den drei mit Kupfer unterschiedlich versorgten Varianten nur geringfügige Differenzen. Bis zur 5. Wachstumswoche zeigen alle Varianten einen annähernd konstanten Gehalt an Reinprotein. So betragen die Anfangsgehalte (I. Ernte) bei Variante 2 = 29,9%, Variante 3 = 29,4% und Variante 1 = 29,2% Reinprotein in der Trockensubstanz. Zwischen der IV. und der VIII. Ernte ist ein wiederum starker und ab der VIII. Ernte ein mäßiger Abfall der Gehalte bis zum Ende der Vegetation festzustellen, wobei wie beim Rohprotein Variante 2 über Variante 3, und Variante 3 über Variante 1 liegen. Bei der Vollreife betragen die Gehalte für Reinprotein im Stroh bei Variante 2 = 3,6%, Variante 3 = 3,3% und Variante 1 = 3,2%.

Einen ähnlichen Verlauf der Gehaltsskurven für Reinprotein wurde auch bei den Arbeiten von LACH (1969) festgestellt.

Bemerkenswert ist der Befund, daß die ähnlich wie beim Rohprotein gefundenen Werte, an kupfermangelpflanzen etwa vom 60. Tag an fortlaufend höhere Reinproteingehalte aufweisen als die mit Kupfer gut versorgten.

Auch in den generativen Pflanzenteilen, den Körnern liegen die Gehalte der Variante 2 höher als bei den anderen zwei Varianten. Bei der letzten Ernte betragen die Reinproteingehalte in Variante 2 = 12,8%, Variante 3 = 12,5% und Variante 1 = 12,4%.

Tabelle 26 zeigt, ein wie großer Anteil des Rohproteins aus Reinprotein besteht. Hierbei bestätigt sich die bereits bei Kalium und Phosphat gemachte Beobachtung, daß ganz allgemein mit fortschreitender Vegetation der Anteil des Reinproteins zunimmt und bei der Vollreife annähernd 100% beträgt. Unterschiede ergeben sich aber auch im Hinblick auf die Kupferver-

% Reinprotein  
in der T.S.

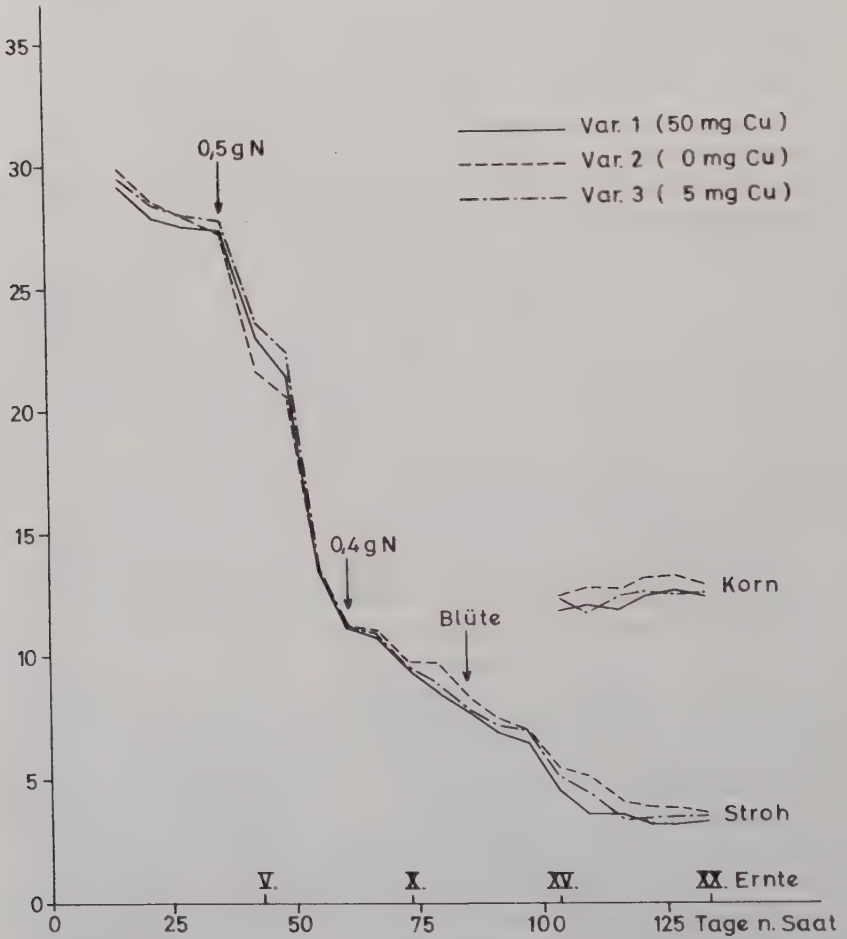


Abb. 40: Reinproteingehalte des Sommerweizens (in % der T.S.)  
in Abhängigkeit von der Kupferversorgung (Versuch 1971)

versorgung: Bei den Kupfermangelpflanzen ist bei fast allen Ernten der Anteil des Reinproteins am Rohprotein niedriger als bei den besser mit Kupfer versorgten Pflanzen.

d. Roh- und Reinproteinerträge (Abb. 41 und 42, Tab. 27 und 28)

Alle drei Kupfervarianten weisen bis zur Blüte annähernd gleiche Rohproteinerträge auf. Sie steigen bis zur XI. Ernte ziemlich steil an und erreichen ihre Maxima zur Zeit der XIII. Ernte, wobei Variante 2 zu dieser Zeit mit 454,8mg Rohprotein je Pflanze nur unwesentlich unter Variante 3 und 1 mit 464,5mg und 461,2mg liegt. Von der Blüte an liegen bei Variante 1 leicht erhöhte Mengen gegenüber den Varianten 2 und 3 vor. Ab der XIV. Ernte beginnt eine Periode des Rohproteinabbaus in den vegetativen und des gleichzeitigen Aufbaus in den generativen Pflanzenteilen. Die Rohproteinerträge betragen am Ende der Vegetation im Stroh bei Variante 2 = 148,5mg, Variante 3 = 132,7mg und Variante 1 = 138,3mg je Pflanze, das heißt, daß im Stroh der Cu-Mangelreihe die höchste Menge an Rohprotein enthalten ist.

Im Korn liegen dagegen bei Variante 1 die höchsten Werte vor. Sie betragen bei der Vollreife bei Variante 2 = 293,0mg, Variante 3 = 312,2mg und Variante 1 = 323,6mg je Pflanze.

Beim Reinproteinertrag bestehen bis zum 80. Wachstumstag nur geringe Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten, und die Zunahme der Reinproteinmenge je Pflanze erfolgt mit ähnlichem Anstieg wie beim Rohprotein. Von der Blüte bis zur Vollreife steigen die Werte ebenfalls noch an, aber die Zunahme erfolgt langsamer. Der Einfluß der Kupferdüngung auf die Reinproteinmenge je Pflanze wird in diesem Wachstumsabschnitt deutlicher als es beim Rohprotein der Fall war. Die höchsten Werte in der ganzen Pflanze ergeben sich zur Zeit der XIV. Ernte bei Variante 2 (0mg Cu) mit 392,1mg, bei Variante 3 (5mg Cu) mit 416,2mg und bei Variante 1 (50mg Cu) mit 432,9mg Reinprotein je Pflanze. Bei der letzten Ernte liegen im Stroh bei Variante 2 = 144,9mg,

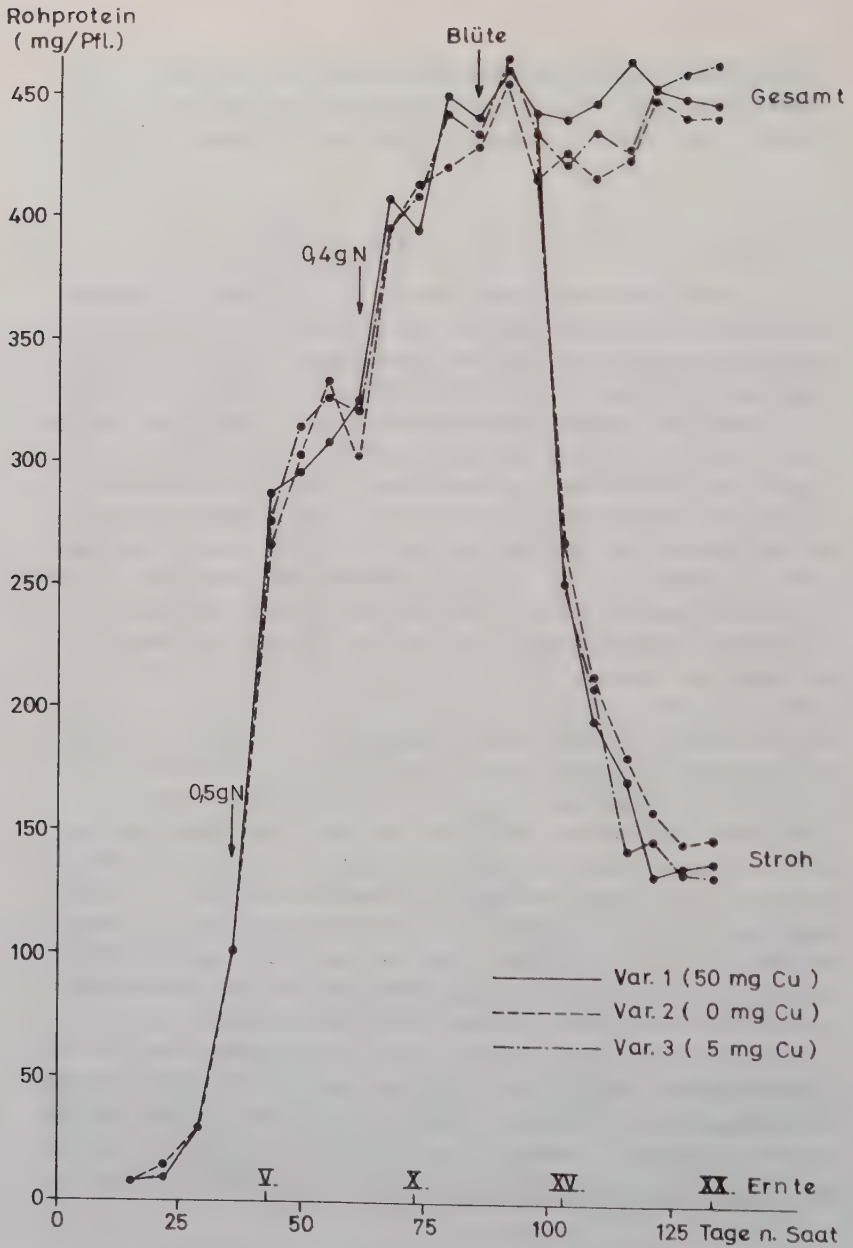


Abb. 41: Rohproteinmengen des Sommerweizens (mg/Pflanze) in Abhängigkeit von der Kupferversorgung (Versuch 1971)

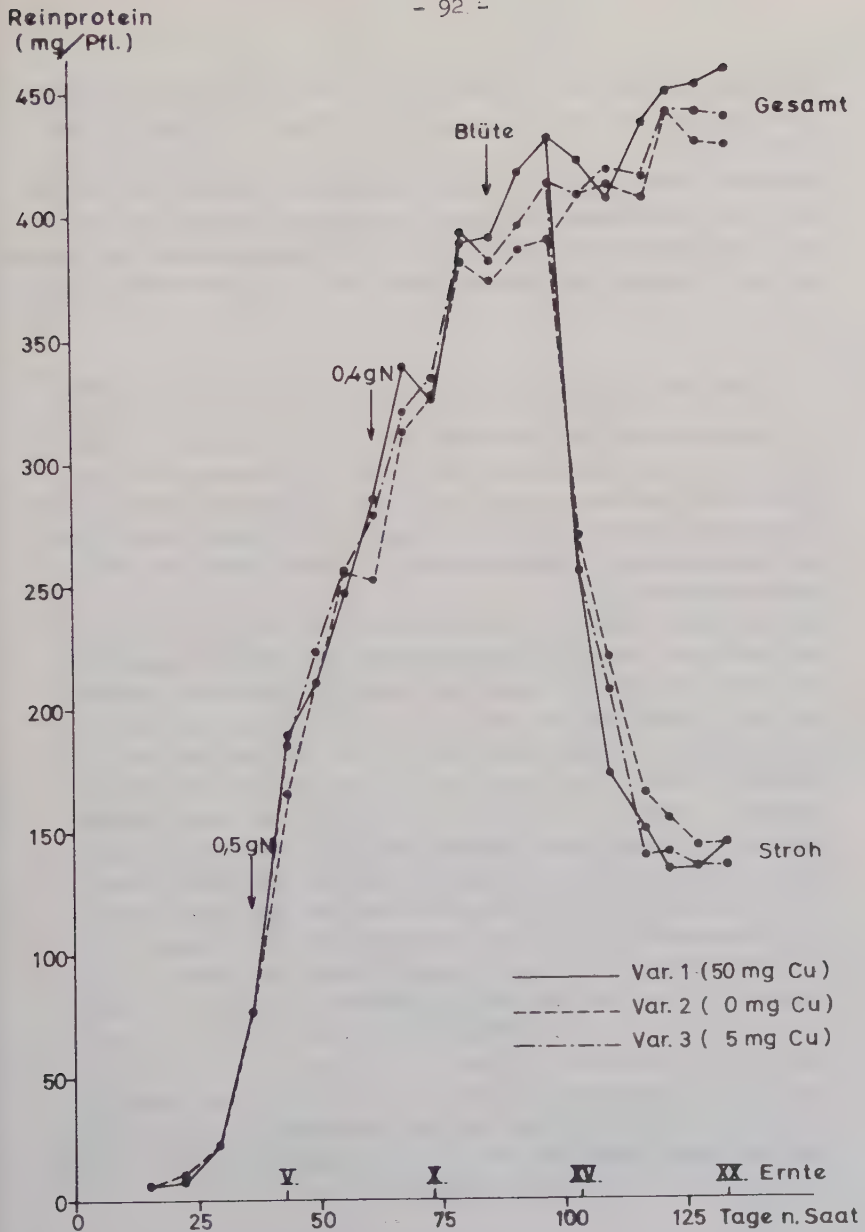


Abb. 42: Reinproteinmengen des Sommerweizens (mg/Pflanze) in Abhängigkeit von der Kupferversorgung (Versuch 1971)

Variante 3 = 135,9mg und Variante 1 = 146,8mg Reinprotein vor. Die entsprechenden Werte für Körner betragen 284,9mg, 305,4mg und 314,5mg.

Auch beim Reinprotein ist festzustellen, daß bei der Vollreife im Stroh der mit Kupfer schlecht versorgten Pflanze die höchsten Reinproteinmengen enthalten sind. Dagegen weisen die Körner der Kupfermangelpflanzen die niedrigsten Reinproteinmengen auf.

#### e. Kupfergehalte und -entzüge (Abb.43 und 44, Tabelle 29 und 30)

Zur Bestimmung des Kupfergehaltes im Pflanzenmaterial wurde die Methode von SCHARRE und SCHAUMLOFFEL herangezogen. Das Prinzip der Methode beruht auf der Überführung des im Pflanzenmaterial vorhandenen Kupfers durch Pb-DDTC-Reagenz in gelbgefärbtes Cu-DDTC, dessen Extinktion durch Messung bei 436 nm ermittelt wird.

Aus der Abb. 43 sind die Kupfergehalte der Weizenpflanzen bei den einzelnen Ernten in ppm der Trockensubstanz zu entnehmen. Die höchsten Gehalte während der gesamten Vegetation treten bei Var.1 (50mg Cu) und die niedrigsten Gehalte bei Var.2 (0mg Cu) auf. Bei Var.3 (5mg Cu) liegen bis zum Ende der Vegetation die Gehalte nur geringfügig über denen der Var.2. Bereits bei der ersten Ernte (15 Tage nach der Saat) zeigen die Varianten deutliche Unterschiede mit 17,9 ppm bei Var.1, 13,8 ppm bei Var.3 und 12,6 ppm bei Var.2. Nach deutlichem Abfall bei der III. Ernte steigen die Cu-Gehalte bei der IV. Ernte wieder an, um dann erst schnell und dann langsam bis zur XIII. Ernte abzusinken. Danach bleiben im Stroh die Cu-Gehalte bis zur letzten Ernte annähernd konstant.

Bei der Vollreife enthält Var.1 = 5,1 ppm, Var.3 = 4,2 ppm und Var.2 = 3,8 ppm Cu im Stroh.

Auch in den generativen Pflanzenteilen liegen die Cu-Gehalte der Var.1 wesentlich höher als bei Variante 2 und 3. Bei der letzten Ernte werden für Var.1 = 6,2 ppm, Var.3 = 3,2 ppm und Var.2 = 3,0 ppm Cu im Korn ermittelt.

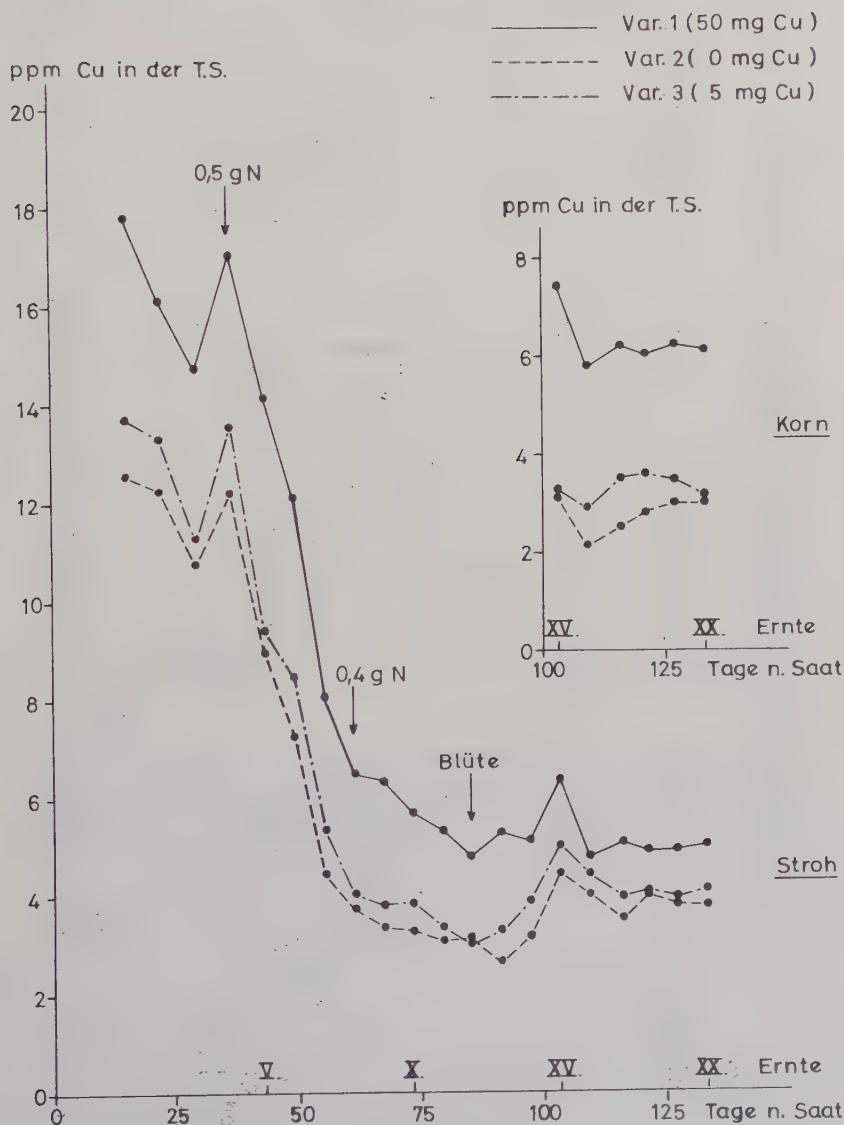
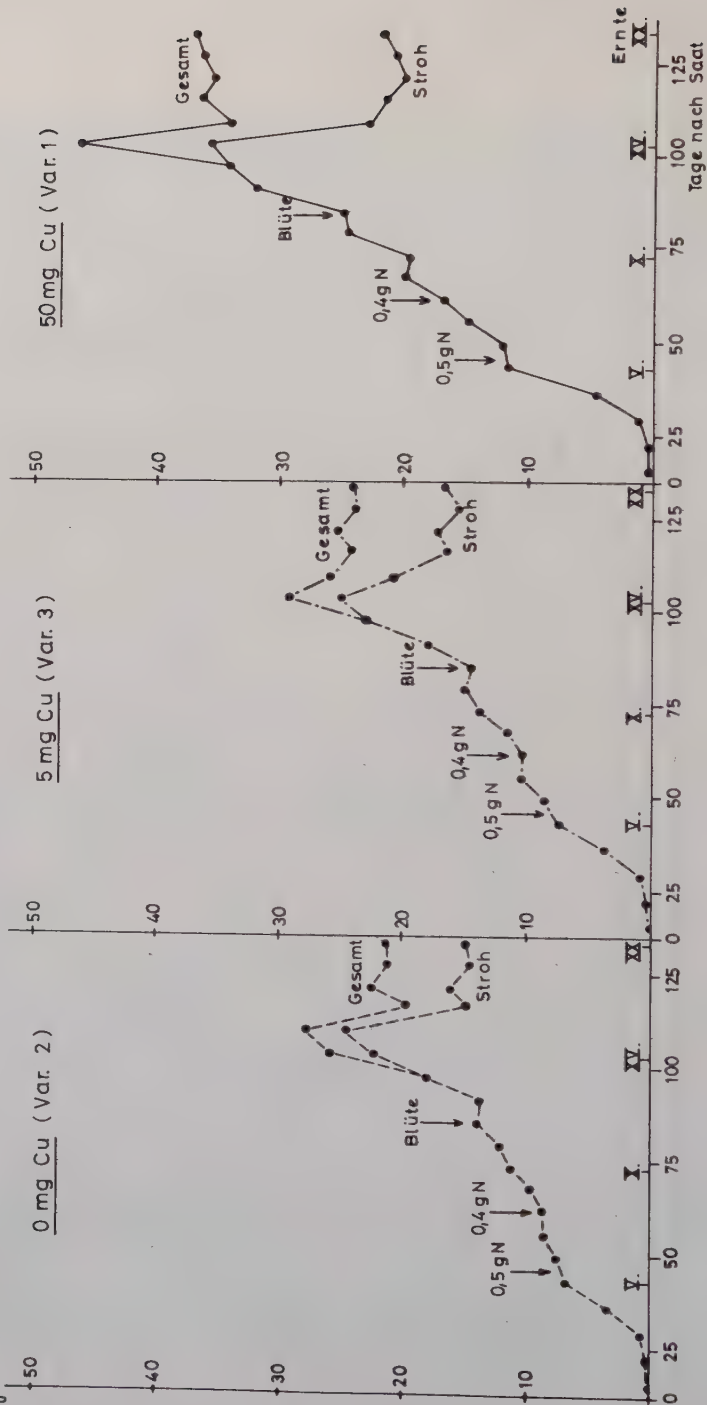


Abb. 43: Kupfergehalte des Sommerweizens (ppm der T.S.) im Verlauf der Vegetation in Abhängigkeit von der Kupferversorgung (Versuch 1971)

γ Cu pro Pflanze



Auch ASMUS (1961), SCHARRER und JUNG (1956) sowie NELSON und BERGER (1956) konnten durch steigende Cu-Gaben eine Zunahme des Cu-Gehaltes sowohl im Stroh als auch in den Körnern von Hafer und Mais beobachten.

Die Kupferentzüge (siehe auch Tabelle 30) zeigen, daß in der gesamten Vegetationsperiode die Pflanzen der Var.1 wesentlich mehr Kupfer aufgenommen haben als in Variante 3 und 2. Dies trifft sowohl beim Stroh als auch beim Korn zu. Die bei der ersten Ernte gemessenen Werte für die Kupferentzüge liegen mit 0,4% bei Var.1 und 0,3% bei Variante 2 und 3 nicht weit auseinander. Erst ab der III. Ernte (29 Tage nach der Saat) beginnt eine schnelle Zunahme bei Var.1, die mit einem Höchstwert von 35,9% Cu je Pflanze in den vegetativen Teilen zum Zeitpunkt der XV. Ernte (103 Tage nach der Saat) endete. Bei Variante 2 und 3 ist dagegen eine solch starke Zunahme nicht zu beobachten. Hier liegt der höchste Wert im Stroh bei Var.3 mit 25,3% Cu je Pflanze zur Zeit der XV. Ernte und bei Var.2 mit 24,7% Cu je Pflanze zur Zeit der XVI. Ernte (109 Tage nach der Saat). Die am Ende der Vegetation ermittelten Werte im Stroh sind bei Var.2 mit 15,1% und bei Var.3 mit 16,4% deutlich niedriger als bei der Var.1 mit 21,8%.

In den Körnern betragen bei der Vollreife die Cu-Entzüge je Pflanze bei Var.2 = 6,6%, bei Var.3 = 7,7% und bei Var.1 = 15,1% Cu.

Bei Varianten 1 und 3 erfolgt nach der XV., bei Var.2 nach der XVI. Ernte eine Abnahme der Cu-Menge pro Pflanze, die in der Hauptsache bedingt ist durch die Kupferverluste aus dem Stroh. Ob Blattverluste, Kupferauswaschung aus den Pflanzen oder auch eine Rückwanderung in den Boden hieran beteiligt sind, bleibt dahingestellt.

#### 4. Diskussion der Versuchsergebnisse

Im zweiten Teil dieser Arbeit sollte, in Analogie zu Kalium und Phosphat die Wirkung unzureichender Kupfergaben auf das System- und Produktwachstum von Sommerweizen gegenüber mit Kupfer normal versorgten Pflanzen untersucht werden und ebenfalls der Einfluß einer variierten Kupferversorgung auf den Zeitpunkt der Stoffwechselumsteuerung von System- auf Produktwachstum.

Die Trockenерträge lassen erkennen (Abb. 38), daß variierte Kupfergaben unter den gegebenen Versuchsbedingungen die Trockensubstanzbildung nicht so stark verändert haben, wie es insbesondere beim Kalium der Fall war. Das geht aus den Zuwachsraten an Trockensubstanz hervor (Abb. 45 und Tabelle 32), wobei die ausgezogene Kurve wiederum aus den Mittelwerten von jeweils vier benachbarten Ernten errechnet worden ist, um die durch Witterungseinflüsse entstandenen Schwankungen auszugleichen. Die höchsten Zuwachsraten an Trockensubstanz werden hiernach zur Zeit der Blüte, etwa zur XI. Ernte bei Variante 1 (50mg Cu) mit 122,5mg, bei Variante 2 (0mg Cu) mit 97,5mg und bei Variante 3 (5mg Cu) mit 106,3mg je Pflanze und Tag erzielt. Ein Einfluß der Kupferversorgung ist demnach unverkennbar. Er wird bei Versuchsende sowohl im Korn- als auch im Strohertrag deutlich.

Betrachtet man die Trockensubstanzbildung als Gesamtprozeß des Wachstums, so besteht diese aus zwei Teilprozessen, nämlich dem Prozeß des System- und dem des Produktwachstums, die in einem räumlich und zeitlich ineinandergreifenden Geschehen ablaufen. Das lebende System, wie bereits anfangs erwähnt wurde, hat einerseits die Fähigkeit der Selbstreduplikation und andererseits ist es in der Lage, durch seine stoffwechselnden Multienzymkomplexe Produkte zu synthetisieren, die keine Lebensfunktionen in der Pflanze ausüben. Beide Leistungen und damit das Gesamtwachstum der Pflanze sind somit einzig und allein das Ergebnis der Tätigkeit des lebenden Systems. Zur Umrechnung von Reinprotein auf System wurde im zweiten

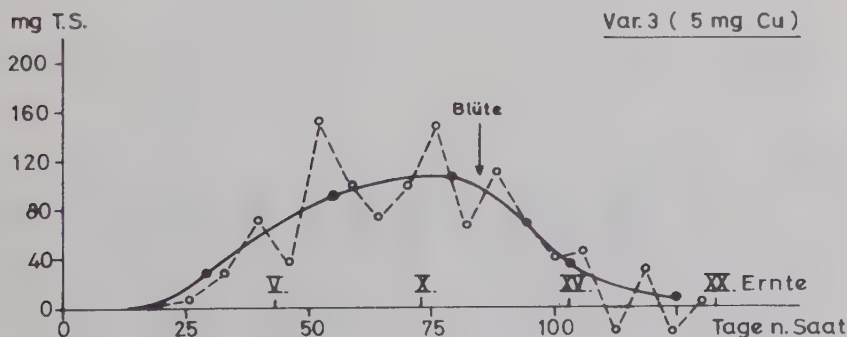
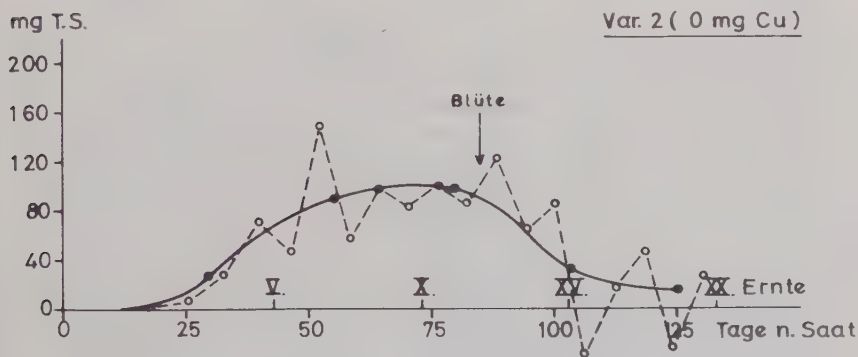
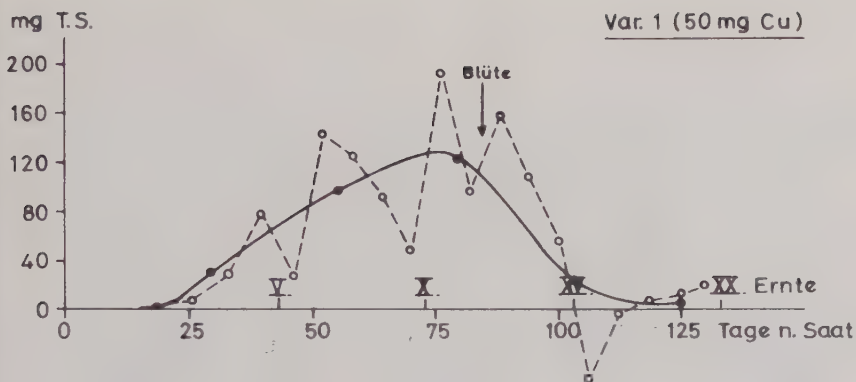
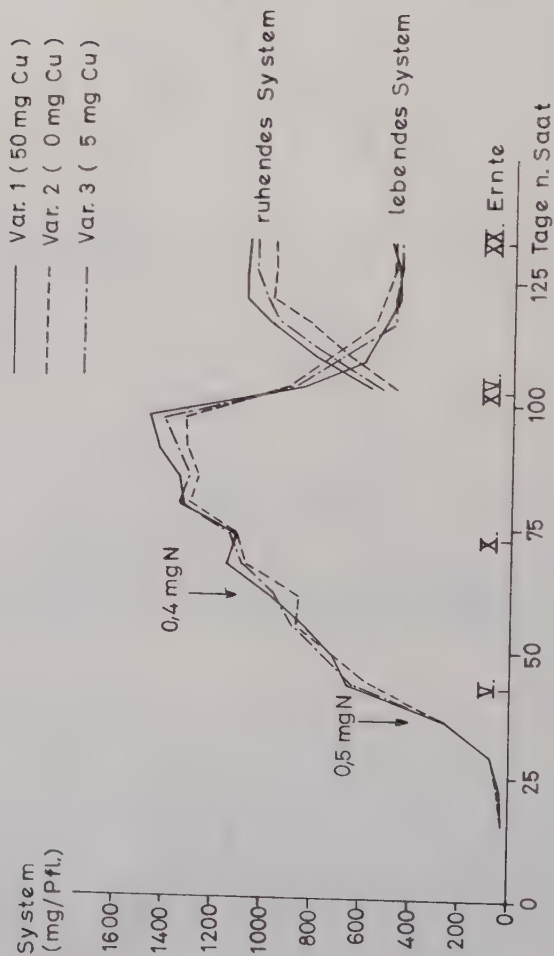


Abb. 45: Zuwachsraten an Trockenmasse (mg je Pflanze und Tag) in Abhängigkeit von der Kupferversorgung (Versuch 1971)

Abb. 46: Systemmengen bei Sommerweizen (mg/Pflanze) in Abhängigkeit von der Kupferversorgung (Versuch 1971)



Vegetationsjahr der Faktor 3,4 verwendet, wie er sich als Mittelwert aus den Reinproteingehalten der drei Varianten bei der ersten Ernte ergab.

Die Systemmengen je Pflanze sind in Abb. 46 (siehe auch Tab. 33) dargestellt. Der Verlauf der Systemwachstumskurven läßt auch hier drei Abschnitte erkennen, zunächst die Phase mit ansteigenden Systemmengen, dann eine Phase annähernder Konstanz und zuletzt die dritte Phase, deren starker Abfall auf den Umbau von lebendem in ruhendes System zurückzuführen ist, der von der XIV. Ernte an (97. Wachstumstag) einsetzt. Die Höchstwerte an lebendem System sind allgemein bei der XIV. Ernte vorhanden und betragen bei Var.1 = 1471,9mg, bei Var.2 = 1333,1mg und bei Var.3 = 1415,1mg. Die unterschiedliche Kupferversorgung hat also den Maximalwert für lebendes System in Var.2 um etwa 10%, in Variante 3 um etwa 4% gesenkt. In den Versuchen des vorhergehenden Jahres mit Kalium und Phosphat wurden die maximalen Systemmengen viel früher erreicht als in diesem Versuch, nämlich bereits bei der X. Ernte. Eine Erklärung für diese zeitliche Verschiebung können die hohen Niederschläge im Jahr 1971 zur Zeit der X. Ernte geben (siehe Abb. 47 und Tab. 31). Diese hohen Niederschlagsmengen haben, da die Gefäße im Drahthaus stationär aufgestellt waren und der Regen somit Zutritt zu den Gefäßen hatte, zu einer vorübergehenden N-Auswaschung in die Untersätze und zu einer starken Verdünnung der Bodenlösung geführt, so daß die N-Aufnahme erst zu einem relativ späten Zeitpunkt abgeschlossen werden konnte.

Bemerkenswert ist die Phase des Systemabbaues bzw. -umbaues, in der die Werte für ruhendes System getrennt bestimmt werden. In dieser Phase liegen die Werte für lebendes System bei Var.2 bis zur XIX. Ernte deutlich höher als bei den anderen beiden Varianten mit besserer Kupferversorgung. Dieser Befund läßt darauf schließen, daß durch mangelhafte Kupferversorgung der Umbau von lebendem in ruhendes System gehemmt wird.

Die höchsten Mengen an ruhendem System weist Var.1 zur Zeit der XIX. Ernte mit 1083,6 mg je Pflanze auf, es folgen Var.3 mit 1046,9mg und Var.2 mit 973,8mg je Pflanze zum selben Zeit-

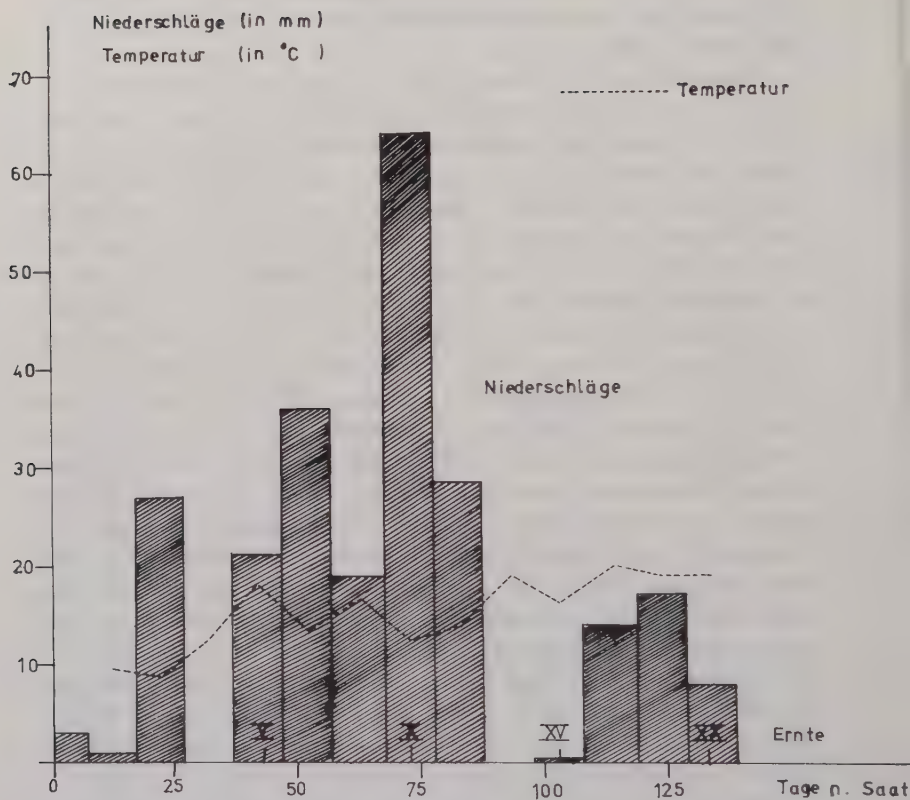


Abb. 47: Niederschlagsmengen und Durchschnittstemperaturen  
(Dekadenwerte) vom 10. April bis 20. September (1971)

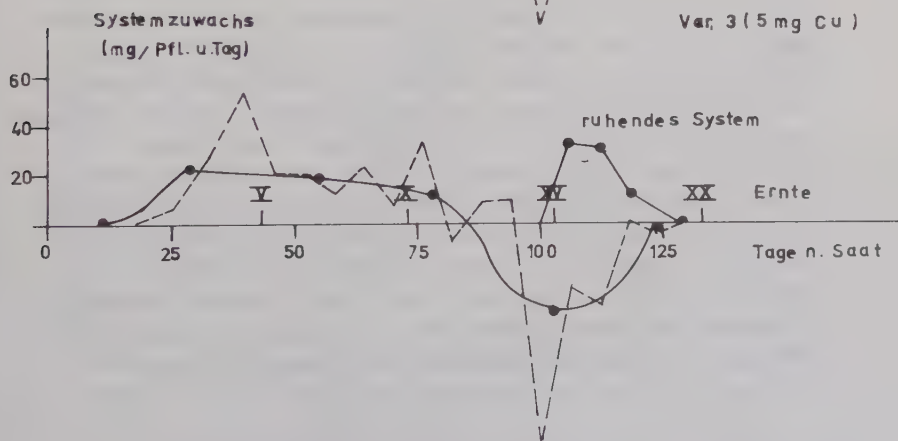
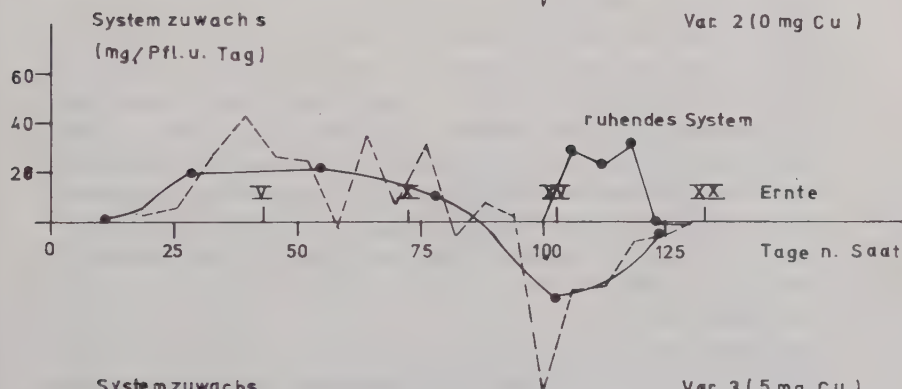
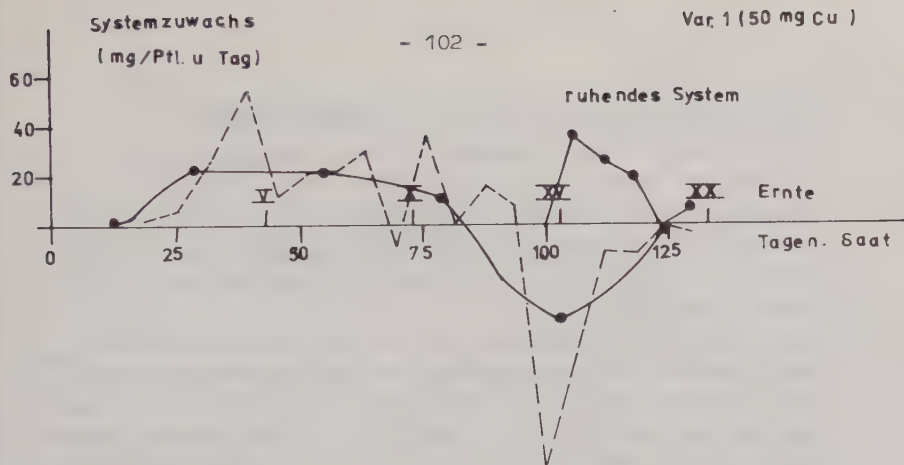


Abb. 48: Tägliche Zuwachsraten an lebendem und ruhendem System (mg je Pflanze) in Abhängigkeit von der Kupferversorgung (Versuch 1971)

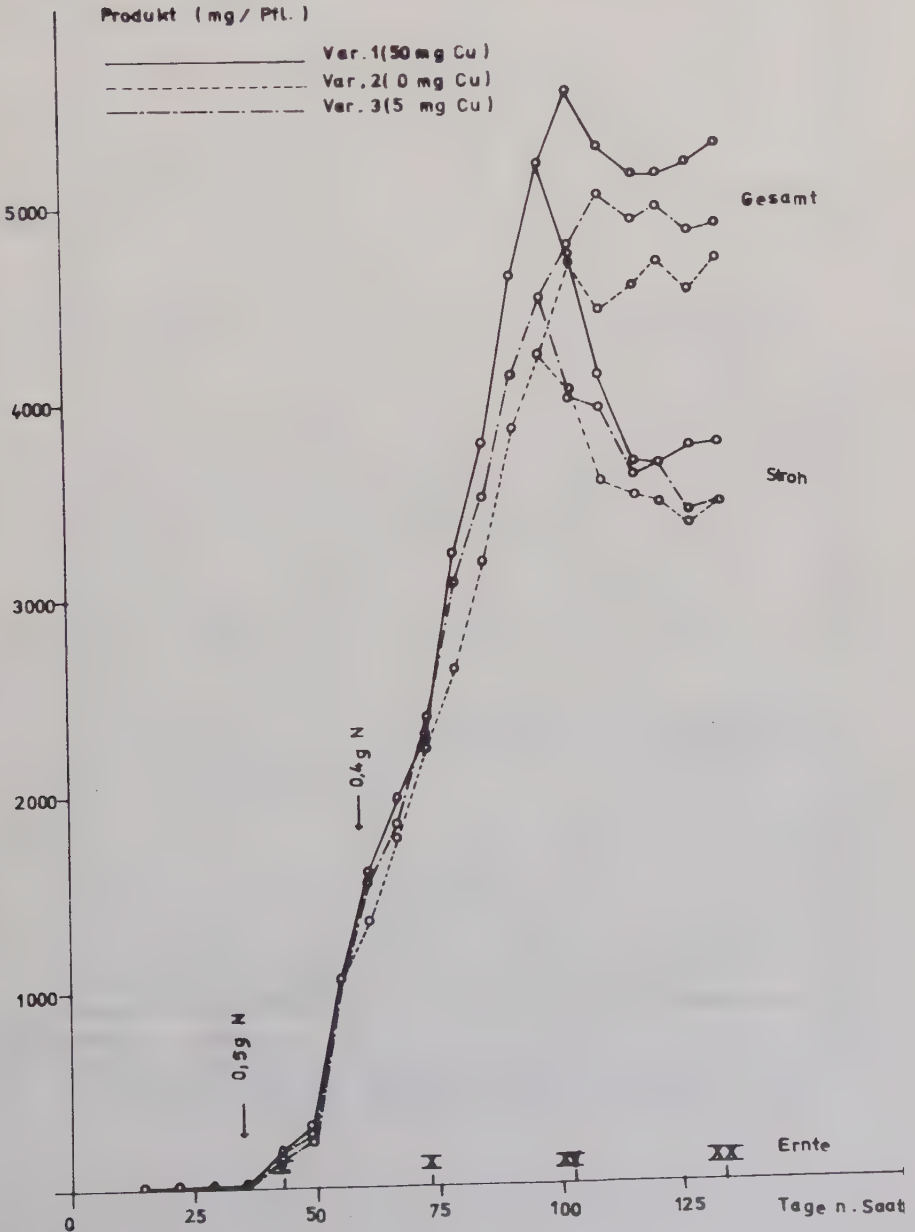
punkt. Diese Werte lassen eine weitgehende Parallelität zu den Maximalwerten des lebenden Systems erkennen.

Die höchsten Zuwachsraten an lebendem System zeigt Var.1 (siehe Abb. 48, veieinfachte kurve) mit 22,4mg pro Pflanze und Tag. Variante 2 und 3 zeigen mit 19,4mg und 21,9mg eine ähnliche Relation zu Var.1 wie sie bei den Maximalwerten für lebendes System besteht.

Die höchsten Zuwachsraten an ruhendem System (Reservesystem) ergibt sich mit 37,2mg ebenfalls bei Var.1 zwischen der XV. und XVI. Ernte (103.-109. Wachstumstag). Sie fällt gleichmäßig bis etwa XIX. Ernte auf den Wert Null ab. Die höchste Zuwachsrate bei Var.3 mit 32,9mg pro Pflanze und Tag wird ebenfalls zwischen der XV. und XVI. Ernte erreicht. Sie verbleibt aber noch 6 Tage auf etwa gleicher Höhe und fällt erst vom 112. Wachstumstag stark ab. Bei Var.2 wird ebenfalls zwischen der XV. und XVI. Ernte die maximale Zuwachsrates an ruhendem System von 29,7mg je Pflanze und Tag erreicht. Dieser Wert verändert sich etwa 13 Tage lang nur wenig und fällt erst zwischen der XVII. und XVIII. Ernte, ab 118. Wachstumstag, ab. Auch hier wird also deutlich, daß Ab- und Umbau des lebenden Systems durch unzureichende Kupferversorgung bei Var.2 verlangsamt und gehemmt wird.

Die Mengen des vom System produzierten Produktes (Abb. 49, Tabelle 35) nimmt bis zum 36. Wachstumstag bei allen Varianten kaum zu. Erst dann beginnt ein rascher Anstieg, der seinen Maximalwert bei Var.1 mit 5588,1mg, bei Var.2 mit 4716,6mg und bei Var.3 mit 5050,0mg Produkt je Pflanze erreicht, zu einem Zeitpunkt (etwa XV. Ernte), wo das lebende System sich bereits in seiner Abbauphase befindet. Nach einem leichten Abfall, bedingt wahrscheinlich durch Blattabfall oder Atmungsverluste, betragen die Produktmengen am Ende der Vegetation bei Var.1 = 5320,8mg, bei Var.2 = 4738,6mg und bei Var.3 = 4910,0mg je Pflanze. Die Werte für Produkt im Stroh betragen zur selben Zeit und in derselben Reihenfolge: 3810,9mg, 3487,3mg und 3487,9mg und daraus resultierend für das Korn: 1509,9mg, 1251,3mg und 1422,1mg.

Abb. 49: Produktmengen bei Sommerweizen (mg/Pflanze) in Abhängigkeit von der Kupferversorgung (Versuch 1971)



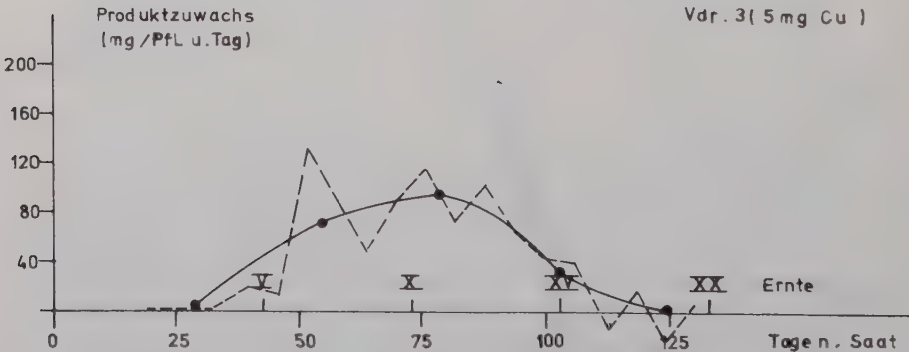
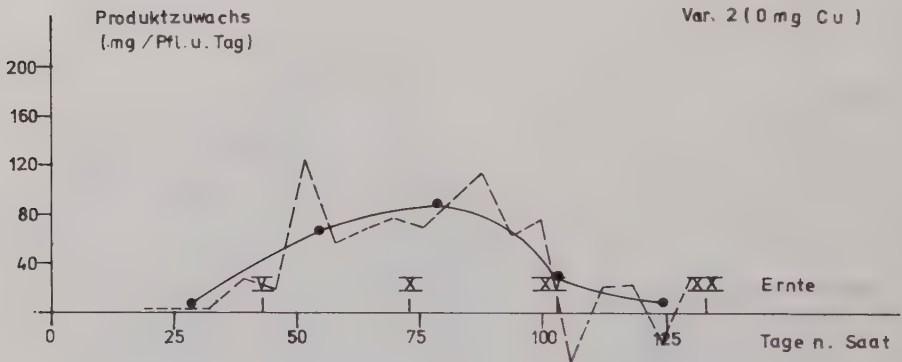
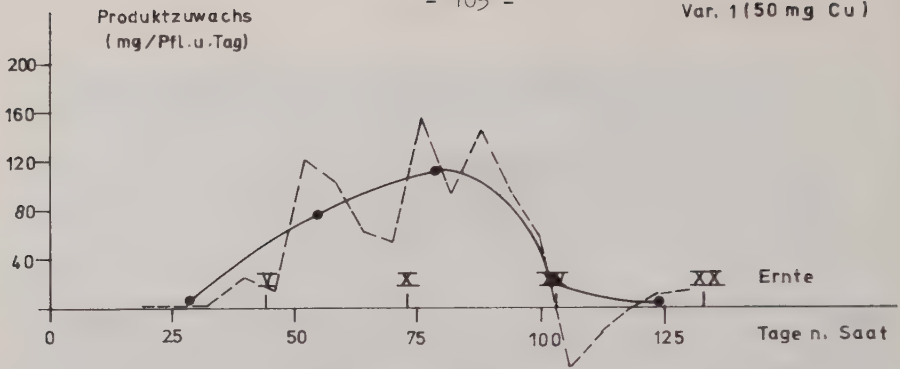


Abb. 50: Tägliche Produktzuwachsrate (mg je Pflanze) in Abhängigkeit von der Kupferversorgung (Versuch 1971)

Die Zuwachsraten an Produkt sind in Abb. 50 dargestellt. Die vereinfachte Kurve zeigt, daß die Zuwachsraten an Produkt pro Pflanze und Tag zunächst ansteigen und ihr Maximum zur Zeit der höchsten Systemmenge in der Pflanze (XI. Ernte) bei Var.1 mit 111,1mg, bei Var.2 mit 87,2mg und bei Var.3 mit 95,3mg erreichen. Die Werte sinken am Ende der Vegetation bis in den negativen Bereich ab.

Man weiß vom Kupfer, daß es sich an vielen enzymatischen Reaktionen beteiligt. Es ist zum größten Teil in den Chloroplasten lokalisiert und aktiviert im pflanzlichen Stoffwechsel eine ganze Reihe von Enzymen. Durch die Förderung der Proteinsynthese schafft das Kupfer optimale Bedingungen für die Stabilität des Chlorophylls. Hierdurch kommt es zu einer verstärkten und verlängerten Assimilation und somit auch erhöhten Stoffproduktion der Pflanzen. Selbst die Zufuhr geringer Mengen an Kupfer führt bei ungenügender Versorgung zu einer Erhöhung des Chlorophyllgehaltes und dadurch zu höheren Stärkeerträgen (OKUNZOW, 1958). Bei der Synthese von Produkt in der Pflanze wird demnach nicht nur die Menge an vorhandenem System eine Rolle spielen, sondern auch dessen Zusammensetzung und die Aktivität der in ihm enthaltenen Enzyme und Enzymkomplexe. Kupfermangel müßte demnach Auswirkungen auf das System- wie auch das Produktwachstum haben.

Das hat sich auch im vorliegenden Versuch erwiesen, wo bereits ein relativ leichter, im Erscheinungsbild der Pflanze nicht sichtbarer Kupfermangel, deutliche Auswirkungen auf das System- und Produktwachstum hatte.

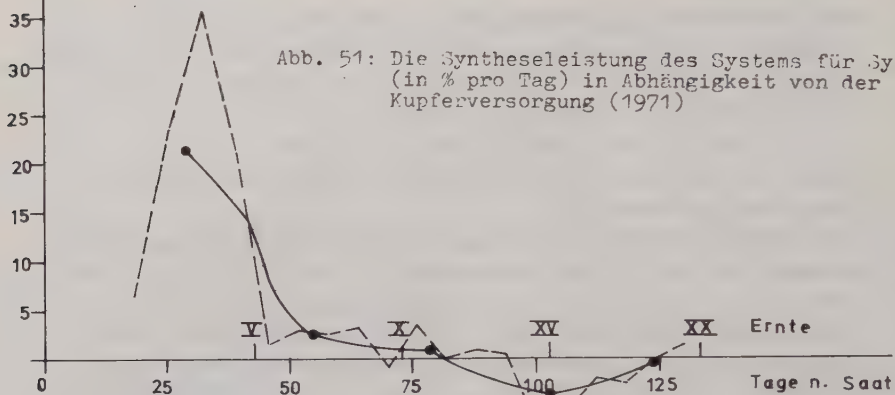
Die bei den Maximalwerten für System- und Produktmenge zwischen den einzelnen Varianten beobachteten Unterschiede werden in den Kurven, die die Syntheseleistung des Systems für System bzw. für Produkt darstellen (Abb. 51 und 52) nicht sehr deutlich. Besser läßt sich der Zeitpunkt der Stoffwechselumsteuerung von vorwiegendem Systemwachstum auf vorherrschendes Produktwachstum den Tabellen 37 und 38 entnehmen (Syntheseleistung des Systems für System und für Produkt); erliegt bei optimaler Kupferversorgung in Var.1 zwischen der V. und VI. Ernte, bei den Varianten 2 und 3 einige Tage später, nämlich

Systemsyntheseleistung des  
Systems in % pro Tag

- 107 -

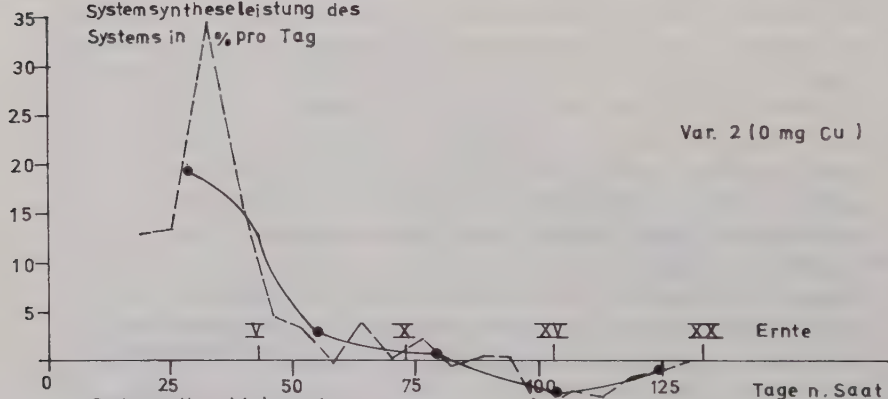
Var. 1 (50 mg Cu)

Abb. 51: Die Syntheseleistung des Systems für System  
(in % pro Tag) in Abhängigkeit von der  
Kupferversorgung (1971)



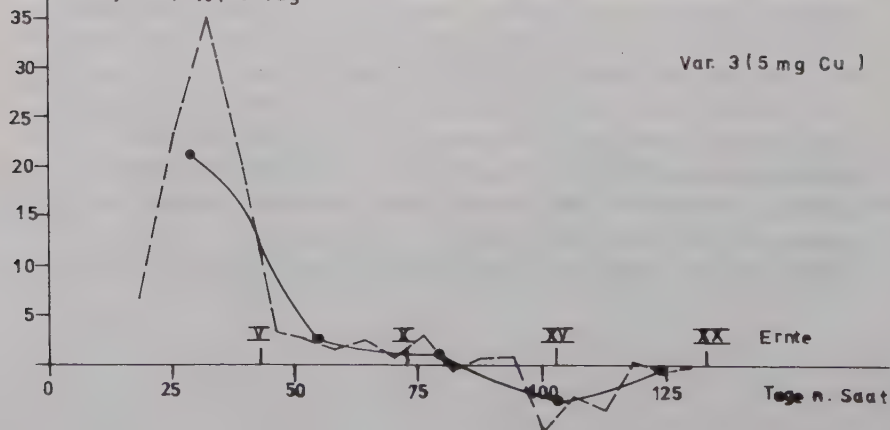
Systemsyntheseleistung des  
Systems in % pro Tag

Var. 2 (0 mg Cu)



Systemsyntheseleistung des  
Systes in % pro Tag

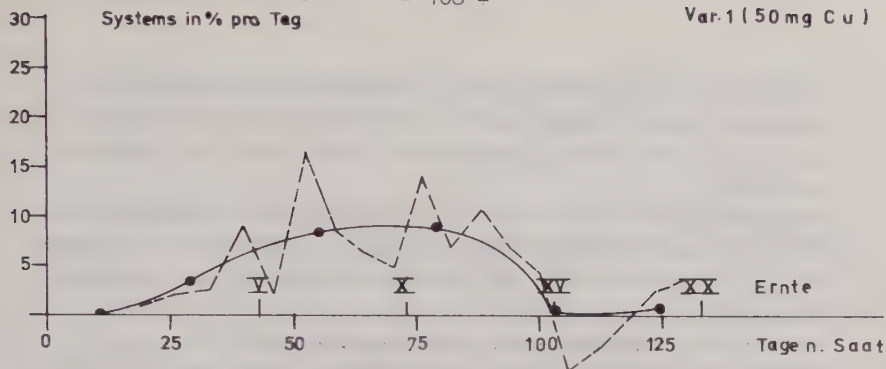
Var. 3 (5 mg Cu)



Produktsyntheseleistung des  
Systems in % pro Tag

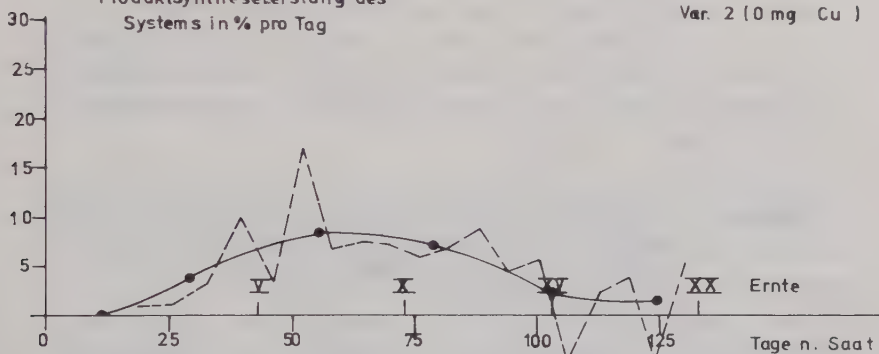
- 108 -

Var. 1 (50 mg Cu)



Produktsyntheseleistung des  
Systems in % pro Tag

Var. 2 (0 mg Cu)



Produktsyntheseleistung des  
Systems in % pro Tag

Var. 3 (5 mg Cu)

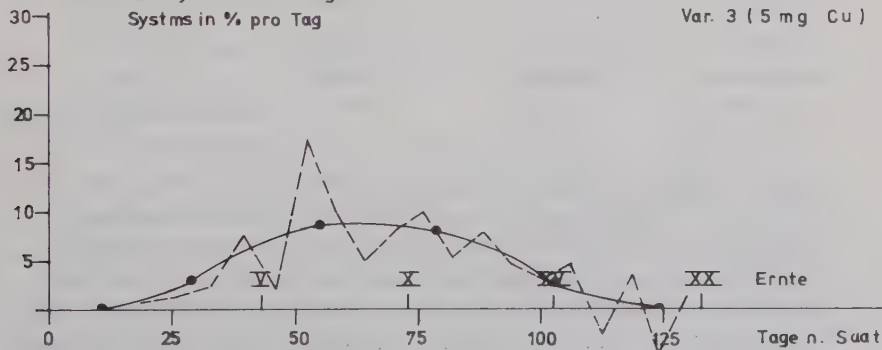


Abb. 52: Die Syntheseleistung des Systems für Produkt (in % pro Tag) in Abhängigkeit von der Kupferversorgung (1971)

zwischen der VI. und VII. Ernte. Möglicherweise wäre bei stärkerem Kupfermangel eine solche Verschiebung des Zeitpunktes der Stoffwechselumsteuerung deutlicher zum Ausdruck gekommen.

Ein wichtiger Befund in den mitgeteilten Ergebnissen ist, daß sich die Kupfermangelvarianten 2 und 3 in der Höhe der Systemmenge (lebendes System) von der Var.1 deutlich unterscheiden. Dies geht sowohl aus der Abb. 46 als auch aus Tabelle 33 hervor. Im einzelnen werden die Maximalwerte für lebendes System, wie aus der Tabelle f ersichtlich wird, bei Var.2 um 10% und bei Var.3 um 4% gegenüber der Kontrolle (Var.1) gesenkt. Diese Maximalwerte werden in den drei Varianten zum gleichen Zeitpunkt (XIV. Ernte) erreicht. Die maximalen Zuwachsraten für lebendes System weisen ähnliche Unterschiede wie die Maximalwerte auf.

Tabelle f): Höchstwerte für Systemmenge, Systemmengen am Ende der Vegetation und maximale Zuwachsraten für System in den vegetativen Pflanzenteilen (mg System/Pfl.)

| Variante    | Maximalwerte<br>für System | Endwerte<br>für System | Maximale<br>Zuwachsraten |
|-------------|----------------------------|------------------------|--------------------------|
| gut Cu      | 1471,9                     | 499,1                  | 22,4                     |
| mäßig Cu    | 1415,1                     | 462,1                  | 21,9                     |
| schlecht Cu | 1333,1                     | 492,7                  | 19,4                     |

Bemerkenswert ist, daß die Endwerte für lebendes System im Stroh praktisch gleich sind und nicht die Unterschiede aufweisen, wie sie bei den Maximalwerten zu beobachten sind. Das läßt darauf schließen, daß der Abbau des lebenden Systems und sein Umbau in ruhendes System durch die kupferversorgung beeinflußt wird. Die Zuwachsraten für ruhendes System lassen solche Einflüsse erkennen. Die Werte für ruhendes System am Vegetations-

ende zeigen dagegen eine ähnliche Relation wie die Maximalwerte für lebendes System (bei der XIV. Ernte).

Tabelle g): Systemmengen in den Körnern (ruhendes System) am Ende der Vegetation und die maximalen Zuwachsraten für ruhendes System (mg/Pfl.)

| Variante    | ruhendes System<br>am Vegetationsende | maximale<br>Zuwachsraten |
|-------------|---------------------------------------|--------------------------|
| gut Cu      | 1070,1                                | 37,2                     |
| mäßig Cu    | 1038,4                                | 32,9                     |
| schlecht Cu | 968,7                                 | 31,6                     |

Zwischen der XIV. und XV. Ernte haben bedeutsame Veränderungen im Systemhaushalt der Pflanze stattgefunden. Die Werte für lebendes und ruhendes System bei der XV. Ernte (Tab. h) lassen deutliche Abhängigkeit der Systemumlagerung von der Kupferversorgung in dieser ersten Phase der Kornausbildung erkennen. Daß zwischen der XV. und XX. Ernte noch System synthetisiert worden ist, geht aus Spalte 7 der Tabelle h hervor. Hierbei ist wiederum der Einfluß der Kupferversorgung unverkennbar. Bei guter Versorgung wurde zwischen der XV. und XX. Ernte fast die doppelte Menge an System synthetisiert wie bei schlechter Kupferversorgung.

Die Unterschiede in den Werten für Produkt in Tabelle i, sowohl die Maximalwerte als auch die Endwerte, die zeitlich nicht weit auseinander liegen, können verursacht sein durch Änderungen in der Syntheseleistung des Systems für System oder für Produkt oder für beide Stoffgruppen. Da ähnliche Veränderungen vorliegen wie bei den Maximalwerten für lebendes System, könnte angenommen werden, daß die Syntheseleistung des Systems für Produkt nicht verändert worden ist.

Tabelle H): Veränderungen in der Menge des lebenden und ruhenden Systems zwischen der XV. Ernte und Vollreife (1971)

| Variante    | 1                                    | 2                                    | 3                                                        | 4                                               | 5                                               | 6                                                                   | 7                                                                                                  |
|-------------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             | mg lebendes System bei der XV. Ernte | mg ruhendes System bei der XV. Ernte | Summe von lebendem und ruhendem System bei der XV. Ernte | mg lebendes System bei Versuchsende (XX. Ernte) | mg ruhendes System bei Versuchsende (XX. Ernte) | Summe von lebendem und ruhendem System bei Versuchsende (XX. Ernte) | Differenz von Spalten 6 und 3: Zuwachs (mg/Pfl.) an ruhendem System zwischen der XV. und XX. Ernte |
| gut Cu      | 876,5                                | 565,4                                | 1441,9                                                   | 499,1                                           | 1070,1                                          | 1569,2                                                              | 127,3                                                                                              |
| mäßig Cu    | 868,0                                | 526,7                                | 1394,7                                                   | 462,1                                           | 1038,4                                          | 1500,5                                                              | 105,8                                                                                              |
| schlecht Cu | 917,7                                | 475,7                                | 1393,4                                                   | 492,7                                           | 963,7                                           | 1461,4                                                              | 68,0                                                                                               |

Tabelle i): Höchstwerte für Produktmenge, Produktmengen am Ende der Vegetation und maximale tägliche Zuwachsraten für Produkt (mg/Pfl.)

| Variante    | Maximalwerte für Produkt | Endwerte für Produkt | maximale Zuwachsraten |
|-------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|
| gut Cu      | 5588,1                   | 5320,8               | 111,1                 |
| mäßig Cu    | 5050,0                   | 4910,0               | 95,3                  |
| schlecht Cu | 4716,6                   | 4732,6               | 87,2                  |

Tabelle j): Die zu verschiedenen Zeitpunkten pro g System produzierte Menge an Produkt in mg

| Ernte | Var.1 | Var.2 | Var.3 |
|-------|-------|-------|-------|
| VI.   | 381   | 443   | 313   |
| VIII. | 1658  | 1647  | 1640  |
| X.    | 2090  | 2017  | 2103  |
| XII.  | 2840  | 2517  | 2715  |
| XIV.  | 3552  | 3193  | 3205  |

Tabelle j zeigt jedoch, daß das nur bis etwa zur X. Ernte der Fall ist. Danach wird in beiden Kupfermangelvarianten deutlich, daß auch die Syntheseleistung für Produkt herabgesetzt worden ist. Die Werte der Tabelle j können definitionsgemäß nicht als Maß für die tägliche Syntheseleistung angesehen werden, sie stellen vielmehr die Summe einer mehr oder weniger großen Zahl von täglichen Syntheseleistungen dar.

Die Frage, ob eine solche Auswirkung der unterschiedlichen Kupferversorgung bei noch stärkerem Mangel bereits zu einem noch früheren Zeitpunkt als der X. Ernte in Erscheinung getreten wäre, wie es beim Kalium beobachtet wurde, muß offen bleiben.

Insgesamt können folgende Auswirkungen eines nicht sehr stark ausgeprägten Kupfermangels auf System- und Produktwachstum festgestellt werden:

1. Gehemmte Synthese an lebendem und ruhendem System
2. Gestörte Umlagerung von lebendem in ruhendes System
3. Beeinträchtigung der Produktsynthese zu einem relativ späten Zeitpunkt
4. Hinausschieben der Stoffwechselumsteuerung um 4-6 Tage

C. S C H L U S S B E T R A C H T U N G U N D

Z U S A M M E N F A S S U N G

In zweijährigen Gefäßversuchen mit Sommerweizen wurde der Einfluß von Kalium, Phosphat und Kupfer auf System- und Produktwachstum untersucht.

Die Versuchsergebnisse haben einen negativen Einfluß sowohl von Kalium- und Phosphat- als auch von Kupfermangel auf die synthetisierte Menge von System und Produkt erkennen lassen. Die Syntheseleistung des Systems für System wurde beim Mangel aller drei Nährstoffe beeinträchtigt; hinsichtlich der Syntheseleistung des Systems für Produkt ergab sich ein negativer Einfluß nur vom Kalium- und Kupfermangel, nicht aber von Phosphatmangel. Kalium- und Kupfermangel beeinträchtigen weiterhin die Umlagerung des Systems von den vegetativen in die generativen Pflanzenteile, bei Phosphatmangel wurde diese Störung nicht beobachtet. Auswirkungen der drei Nährstoffe auf den Zeitpunkt der Stoffwechselumsteuerung von überwiegendem Systemwachstum auf vorherrschendes Produktwachstum waren nur bei Kalium- und Kupfermangel vorhanden.

Im einzelnen lassen sich die Versuchsergebnisse wie folgt zusammenfassen:

1. Bei schlechter Kalium- und schlechter Phosphatversorgung war die Produktion von lebendem und ruhendem System stark herabgesetzt
2. Bei Kaliummangel war der Umbau von lebendem in ruhendes System gehemmt, Phosphatmangel zeigte diese Erscheinung nicht
3. In der generativen Entwicklungsphase ergab sich noch eine echte Syntheseleistung des Systems für System. Die in diesem Zeitabschnitt synthetisierte Systemmenge war bei Phosphatmangel größer, bei Kaliummangel wesentlich niedriger als in der Kontrolle.
4. Die Produktsynthese war bei Kaliummangel - trotz annähernd gleicher Reduktion der Menge an lebendem System - stärker

gehemmt als bei Phosphatmangel.

5. Die Ursache hierfür war - im Vergleich zur Kontrolle - eine unveränderte Syntheseleistung des Systems für Produkt bei Phosphatmangel, eine verschlechterte Syntheseleistung bei Kaliummangel.
6. Schlechte Kaliumversorgung führte zu einer Vorverlegung der Stoffwechselumsteuerung im Sinne überwiegender Produktproduktion um einige Tage; Phosphatmangel zeigte keine Wirkung auf den Umsteuerungstermin.
7. Kaliummangel veränderte im Vergleich zur Kontrolle die Aufnahmeleistung des Systems für Phosphat nicht, dagegen wurde durch Phosphatmangel die Aufnahmeleistung des Systems für Kalium im negativen Sinne verändert.
8. Unzureichende kupferversorgung reduzierte die Menge an lebendem und ruhendem System im Vergleich zur Kontrolle.
9. Kupfermangel behinderte den Umbau von lebendem System in ruhendes System.
10. Kupfermangel beeinträchtigte wesentlich die in der generativen Entwicklungsphase noch synthetisierte Systemmenge.
11. Auch die Produktsynthese war bei schlechter Kupferversorgung eingeschränkt.
12. Eine verschlechterte Syntheseleistung des Systems für Produkt war aber erst vom Beginn der Blüte an festzustellen.
13. Im Gegensatz zum Kaliummangel erfolgte bei Kupfermangel die Stoffwechselumsteuerung zur überwiegenden Produktsynthese einige Tage später als bei der Kontrolle.

D. L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

- ASMUS, F. 1961: Die Wirkung von Kupfer auf Ertrag und Eiweißgehalt von Hafer. Albrecht-Thaer-Arch. 5, Nr.6, 468-482
- BEHRENS, W.U. 1951: Einfluß der Phosphorsäuredüngung auf die Eiweißbildung der Nutzpflanzen. Landwirtsch.Forschung, Sonderheft 2, 77-79
- CRÖSSMANN, G. 1967: Standraum und Stoffproduktion bei Mais. Z. Acker- und Pflanzenbau 125, 232-253
- DENFFER, v.D.,  
W.V.SCHUMACHER  
und K. MAGDEFRAU 1967: Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- GERICKE, S. und  
B. KURMIES 1952: Die kolometrische Phosphorsäurebestimmung mit Ammonium-Vanadat-Molybdat und ihre Anwendung in der Pflanzenanalyse. Z. Pflanzenernähr., Düngg., Bodenkde. 59, 235-247
- HAEDER, H.E. 1971: Kaliumabgabe reifender Gerste. Z.Bodenkde. und Pflanzenernähr. 129, 125-132
- JESSEN, W. 1949: Über die Wirkung steigender Stickstoff- und Phosphorsäuregaben auf das Wachstum sowie die Eiweiß- und Fetterträge der Ölräuke. Z. Pflanzenernähr., Düngg., Bodenkde. 47, 164-167

- JUDEL, G.K. und  
S. HEILENZ 1969: Erfahrungen in der Mineralstoff-  
analyse von biologischem Material  
mit Hilfe des Atom-Absorptions-  
Spektralphotometers SP 90 Leitz  
Mitt. für Wiss. und Technik,  
Heft 7, Bd. 4, 217-220
- KURSANOV, A.I. und  
E.I. VYSKREBENCEVA 1967: Stoffwechsel der Pflanze unter den  
Bedingungen von Kaliummangel.  
Agrochimija, Moskva Nr.1, 65-67  
Zit.n.Landw.Zentralblatt 1967/2,  
2002
- LACH, G. 1969: Der Einfluß einer variierten Stick-  
stoffernährung und variierten  
Temperaturen auf den Eiweißhaus-  
halt des Sommerweizens.  
Dissertation Giessen.
- LACH, G. 1970: System und Produkt im Verlauf der  
Vegetation bei Sommerweizen in  
Abhängigkeit von Stickstoffernäh-  
rung. Z.Pflanzenernähr. und Boden-  
kde. 127, 242-251
- IASKE, P. 1958: Die Nährstoffaufnahme durch Hafer  
aus weicherdigen Rohphosphaten auf  
sauren und neutralen Mineralböden.  
Z.Pflanzenernähr., Düngg., Bodenkde.  
81, 23-35
- LAL, K.N. und  
M.S. SUBBA RAO 1960: Effect of mineral deficiencies on  
growth and physiological characters  
of graminaceous plants. Plant  
physiol. 3, Nr.2, 172-180  
Zit.n.Landw.Zentralblatt 1962, 1563
- LI, CHI-CHENG,  
CH. DILOV und  
N. NEDJALKOV 1966: Einige physiologische und bioche-  
mische Veränderungen in der Gerste  
in Abhängigkeit von der Phosphor-  
ernährung. Rastenievudni, Sofija,  
3, 1966 Zit.n.Landw.Zentralblatt,  
1967/1, 1185

- LINSER, H. 1956: Funktioneller Bau und Stoffwechsel des lebenden Systems.  
In: Grundlagen der Vitalchemie.  
Urban und Schwarzenberg Verlag  
Wien, Band 5
- LINSER, H. 1964: Vom biologischen Phänomen des Wachstums. Landwirtsch.Forschung, Sonderheft 18, 48-62
- LINSER, H. 1967: Das Wachstum lebender Systeme. Umschau in Wissenschaft und Technik 12, 381-387
- LINSER, H. 1969: Wachstum und Ertragsbildung.  
In: Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung. Springer Verlag, Wien, Band 1
- LINSER, H.,  
G.LACH und L.TITZE 1968: System- und Produktwachstum bei Weizen und Ülrettich. Z. Pflanzenernähr.,Düngg.,Bodenkde. 121, 199-211
- LINSER, H. und  
L.TITZE-BETNER 1971: Phosphataufnahme und System-(Protein-)Syntheseleistung bei Sommerweizen. Z. Pflanzenernähr. und Bodenkde. 128, 235-242
- LINZBACH, A.J. 1962: Das biologische Wachstum. Naturwissenschaften 42, 368-372
- MÜLLER, K. 1964: Über die Protein- und Kohlenhydratsynthese in der Kartoffel im Verlauf der Vegetation bei unterschiedlicher K-Versorgung der Pflanze. Ber.Regional-Kolloquium internat.Kali-Inst., Murten/Schweiz 2, 165-172  
Zit.n. Landwirtsch.Zentralblatt, 1969, 397

- MUNK, H. 1966: Wirkung der Phosphatdüngung auf Ertrag, Phosphorsäure- und Eiweißgehalt des Wiesenfutters. Phosphorsäure 26, Nr. 3/4, 97-105
- NEHRING, K. 1945: Der Einfluß der Nährstoff- und Wasserversorgung auf die Eiweißbildung bei Getreide. Z.Pflanzenernähr., Düngg., Bodenkde. 36, 143-155
- NEHRING, K. 1960: Agrikulturchemische Untersuchungsmethoden für Dünge- und Futtermittel, Böden und Milch. Hamburg, Berlin, Paul Parey Verlag
- NELSON, L.G. und K.C. BERGER 1956: Copper requirements and deficiency symptoms of a number of field and vegetable crops. Proc. Soil, Sci. Soc. Amer. 20, 69-72
- OEHM, E. 1966: Nährstoffaufnahme, Nährstoffverhältnis und Nährstoffbilanz im Ackerbau der Waberner Senke. Dissertation Giessen
- OKUNZOW, M.M. 1958: Die Bedeutung des Kupfers für die Steigerung der Pflanzenerträge. In: WINOGRADOW, A.P.: Spurenelemente in der Landwirtschaft 379-387, Akad.-Verlag, Berlin
- PFAFF, C. und H. KEESE 1941: Über den Einfluß von Wasser- und Kaliversorgung auf die Eiweißbildung im Getreide. Z. Pflanzenernähr., Düngg., Bodenkde., 23, 152-160
- RADEMACHER, B. 1940: Über die Veränderungen des Kupfergehaltes, den Verlauf der Kupferaufnahme und den Kupferentzug beim Hafer. Z. Pflanzenernähr. Bodenkde., 18, 80-108

- SCHARER, K. 1955: Biochemie der Spurenelemente. Berlin und Hamburg, Paul Parey
- SCHARER, K. und J. JUNG 1956: Über den Einfluß von Mangan, Kupfer, Zink, Eisen, Bor, Molybdän und Kobalt auf die Mineralstoffaufnahme bei Mais und Ackerbohnen. Z. Pflanzenernähr., Düngg., Bodenkde. 75, 47-66
- SCHMALFUSS, K. 1951: Über die Wirkung der Phosphatdüngung auf die Bildung phosphathaltiger Verbindungen im Getreidekorn. Z. Pflanzenernähr., Düngg., Bodenkde. 53, 155-159
- SCHMITT, L. und W. SCHNEIS 1941: Beiträge zur Frage des Einflusses der wasser- und Kaliversorgung auf die Eiweißbildungsmöglichkeit verschiedener Getreidesorten. Z. Pflanzenernähr., Düngg., Bodenkde. 23, 160-173
- SCHROPP, W. und B. ARENZ 1943: Feldversuche über den Einfluß verschiedener Wasser- und Phosphorsäureversorgung auf den Ertrag und Eiweißbildung beim Hafer. Z. Pflanzenernähr., Düngg., Bodenkde. 31, 312-324
- SKRIDE, W. 1968: Hafer als Hauptfruchtpflanze. Z. Acker- und Pflanzenbau 128, 17-45
- STEGER, H., K. KASDORF und F. PÜSCHEL 1961: Über Erträge verschiedener Maisarten und die Veränderung in der Zusammensetzung während ihres Wachstums. Z. Landw. Versuchs- und Untersuchungswesen, 7, 58-73

- SMITH, D. 1960: Yield and chemical composition of oats for forage with advance in maturity. *Agronomy J.* 52, 637-639
- TELLHEIM, E. 1968: Untersuchungen über den Nährstoffbedarf und -gehalt der Luzerne in verschiedenen Entwicklungsstadien. *Albrecht-Thaer-Archiv* 12, 821-828
- TITZE, L. 1969: Die Entwicklung des Rohfett-, Rohfaser-, Kohlenhydrat- und Mineralstoffgehaltes sowie der Phosphorfractionen im Verlauf einer Vegetationsperiode von Sommerweizen. Dissertation Giessen
- TÜKEY, H.B. 1958: Loss of nutrients by foliar leaching as determined by radioisotopes. *Proc.Americ.Soc.Hort.Sci.* 71, 496
- WALTER, H. 1947: Die Grundlagen des Pflanzenlebens. Ulmer Verlag, Stuttgart



A n h a n g



Tabelle 1: Frischgewichte von Sommerweizen (g/Pfl.) im  
Verlauf der Vegetation in Abhängigkeit von der  
P- und K-Versorgung (1970)

| Ernte           | $N_3P_3K_3$<br>(Var.1) | $N_3P_3K_1$<br>(Var.2) | $N_3P_3K_2$<br>(Var.3) | $N_3K_3P_1$<br>(Var.4) | $N_3K_3P_2$<br>(Var.5) |
|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| gesamte Pflanze |                        |                        |                        |                        |                        |
| I.              | 0,13                   | 0,12                   | 0,13                   | 0,13                   | 0,13                   |
| II.             | 0,18                   | 0,20                   | 0,19                   | 0,18                   | 0,18                   |
| III.            | 0,28                   | 0,26                   | 0,27                   | 0,26                   | 0,25                   |
| IV.             | 0,53                   | 0,50                   | 0,47                   | 0,42                   | 0,45                   |
| V.              | 1,32                   | 1,23                   | 1,18                   | 1,00                   | 1,18                   |
| VI.             | 2,92                   | 2,45                   | 2,45                   | 1,93                   | 2,30                   |
| VII.            | 5,72                   | 4,39                   | 4,85                   | 3,87                   | 5,43                   |
| VIII.           | 10,92                  | 7,01                   | 8,45                   | 7,64                   | 9,88                   |
| IX.             | 15,71                  | 9,40                   | 11,58                  | 10,64                  | 14,24                  |
| X.              | 18,75                  | 11,58                  | 14,28                  | 14,28                  | 17,76                  |
| XI.             | 20,75                  | 11,75                  | 14,32                  | 16,46                  | 19,60                  |
| XII.            | 19,43                  | 12,08                  | 14,96                  | 15,35                  | 18,46                  |
| XIII.           | 19,46                  | 11,48                  | 15,46                  | 14,86                  | 18,62                  |
| XIV.            | 18,65                  | 11,72                  | 16,06                  | 15,94                  | 17,92                  |
| XV.             | 18,99                  | 11,15                  | 15,83                  | 15,36                  | 18,33                  |
| XVI.            | 18,17                  | 11,27                  | 13,91                  | 15,20                  | 17,22                  |
| XVII.           | 17,48                  | 9,93                   | 12,71                  | 14,56                  | 16,23                  |
| XVIII.          | 12,13                  | 7,76                   | 9,83                   | 13,58                  | 14,18                  |
| XIX.            | 9,45                   | 5,33                   | 7,36                   | 8,69                   | 9,66                   |
| XX.             | 9,46                   | 5,31                   | 7,47                   | 7,79                   | 9,18                   |
| Stroh           |                        |                        |                        |                        |                        |
| XV.             | 12,24                  | 7,01                   | 9,61                   | 10,65                  | 12,33                  |
| XVI.            | 11,10                  | 6,88                   | 7,66                   | 10,05                  | 10,84                  |
| XVII.           | 10,12                  | 5,74                   | 6,62                   | 9,10                   | 9,62                   |
| XVIII.          | 6,03                   | 4,62                   | 4,88                   | 8,36                   | 7,90                   |
| XIX.            | 4,77                   | 2,89                   | 3,61                   | 4,84                   | 5,18                   |
| XX.             | 4,71                   | 2,96                   | 3,65                   | 4,26                   | 4,62                   |
| Ähren           |                        |                        |                        |                        |                        |
| XV.             | 6,75                   | 4,14                   | 6,21                   | 4,71                   | 6,00                   |
| XVI.            | 7,07                   | 4,39                   | 6,25                   | 5,15                   | 6,38                   |
| XVII.           | 7,37                   | 4,18                   | 6,10                   | 5,46                   | 6,61                   |
| XVIII.          | 6,11                   | 3,14                   | 4,95                   | 5,21                   | 6,28                   |
| XIX.            | 4,68                   | 2,43                   | 3,74                   | 3,85                   | 4,48                   |
| XX.             | 4,74                   | 2,35                   | 3,82                   | 3,53                   | 4,56                   |

Tabelle 2: Trockengewichte von Sommerweizen (g/Pfl.) im Verlauf der Vegetation in Abhängigkeit von der P- und K-Versorgung (1970)

| Ernte           | $N_3P_3K_3$<br>(Var.1) | $N_3P_3K_1$<br>(Var.2) | $N_3P_3K_2$<br>(Var.3) | $N_3K_3P_1$<br>(Var.4) | $N_3K_3P_2$<br>(Var.5) |
|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| gesamte Pflanze |                        |                        |                        |                        |                        |
| I.              | 0,01                   | 0,01                   | 0,01                   | 0,01                   | 0,01                   |
| II.             | 0,02                   | 0,02                   | 0,02                   | 0,02                   | 0,02                   |
| III.            | 0,04                   | 0,04                   | 0,04                   | 0,04                   | 0,04                   |
| IV.             | 0,08                   | 0,08                   | 0,08                   | 0,07                   | 0,08                   |
| V.              | 0,17                   | 0,16                   | 0,16                   | 0,14                   | 0,16                   |
| VI.             | 0,41                   | 0,37                   | 0,37                   | 0,30                   | 0,35                   |
| VII.            | 0,82                   | 0,68                   | 0,73                   | 0,59                   | 0,76                   |
| VIII.           | 1,60                   | 1,20                   | 1,40                   | 1,20                   | 1,40                   |
| IX.             | 2,50                   | 1,70                   | 2,10                   | 1,80                   | 2,40                   |
| X.              | 3,70                   | 2,40                   | 3,10                   | 2,90                   | 3,60                   |
| XI.             | 5,10                   | 3,10                   | 4,00                   | 3,90                   | 4,60                   |
| XII.            | 5,30                   | 3,30                   | 4,20                   | 4,20                   | 5,00                   |
| XIII.           | 6,20                   | 3,60                   | 4,90                   | 4,70                   | 5,90                   |
| XIV.            | 6,60                   | 4,00                   | 5,40                   | 5,50                   | 6,20                   |
| XV.             | 7,30                   | 4,10                   | 5,90                   | 5,80                   | 7,00                   |
| XVI.            | 7,40                   | 4,30                   | 5,70                   | 6,00                   | 6,80                   |
| XVII.           | 7,70                   | 4,10                   | 6,00                   | 6,40                   | 7,20                   |
| XVIII.          | 7,60                   | 4,10                   | 6,00                   | 6,40                   | 7,10                   |
| XIX.            | 7,40                   | 4,30                   | 6,10                   | 6,30                   | 7,40                   |
| XX.             | 7,30                   | 4,10                   | 6,00                   | 6,00                   | 7,20                   |
| Stroh + Spreu   |                        |                        |                        |                        |                        |
| XV.             | 5,50                   | 3,10                   | 4,30                   | 4,70                   | 5,40                   |
| XVI.            | 5,00                   | 3,10                   | 3,80                   | 4,60                   | 4,90                   |
| XVII.           | 5,00                   | 2,80                   | 3,80                   | 4,50                   | 4,80                   |
| XVIII.          | 4,70                   | 2,80                   | 3,70                   | 4,30                   | 4,30                   |
| XIX.            | 4,60                   | 2,90                   | 3,70                   | 4,20                   | 4,70                   |
| XX.             | 4,30                   | 2,70                   | 3,60                   | 3,90                   | 4,30                   |
| Körner          |                        |                        |                        |                        |                        |
| XV.             | 1,80                   | 1,00                   | 1,60                   | 1,10                   | 1,60                   |
| XVI.            | 2,40                   | 1,20                   | 1,90                   | 1,40                   | 1,90                   |
| XVII.           | 2,70                   | 1,30                   | 2,20                   | 1,90                   | 2,40                   |
| XVIII.          | 2,90                   | 1,30                   | 2,30                   | 2,10                   | 2,80                   |
| XIX.            | 2,80                   | 1,40                   | 2,40                   | 2,10                   | 2,70                   |
| XX.             | 3,00                   | 1,40                   | 2,40                   | 2,10                   | 2,90                   |

Tabelle 3: Zuwachsraten an Trockenmasse bei Sommerweizen  
(mg/Pfl. und Tag) zwischen den einzelnen Ernten  
(1970)

| Ernte           | N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub><br>(Var.1) | N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>1</sub><br>(Var.2) | N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub><br>(Var.3) | N <sub>3</sub> K <sub>3</sub> P <sub>1</sub><br>(Var.4) | N <sub>3</sub> K <sub>3</sub> P <sub>2</sub><br>(Var.5) |
|-----------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| gesamte Pflanze |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |
| I.-II.          | 2,00                                                    | 2,00                                                    | 2,00                                                    | 2,00                                                    | 2,00                                                    |
| II.-III.        | 3,33                                                    | 3,33                                                    | 3,33                                                    | 3,33                                                    | 3,33                                                    |
| III.-IV.        | 10,00                                                   | 10,00                                                   | 10,00                                                   | 7,50                                                    | 10,00                                                   |
| IV.-V.          | 15,00                                                   | 13,33                                                   | 13,33                                                   | 11,67                                                   | 13,33                                                   |
| V.-VI.          | 48,00                                                   | 42,00                                                   | 42,00                                                   | 32,00                                                   | 38,00                                                   |
| VI.-VII.        | 58,57                                                   | 44,29                                                   | 51,43                                                   | 41,43                                                   | 58,57                                                   |
| VII.-VIII.      | 111,43                                                  | 74,29                                                   | 95,71                                                   | 87,14                                                   | 91,43                                                   |
| VIII.-IX.       | 150,00                                                  | 83,33                                                   | 116,67                                                  | 100,00                                                  | 166,67                                                  |
| IX.-X.          | 171,43                                                  | 100,00                                                  | 142,86                                                  | 157,14                                                  | 171,43                                                  |
| X.-XI.          | 200,00                                                  | 100,00                                                  | 128,57                                                  | 142,86                                                  | 142,86                                                  |
| XI.-XII.        | 40,00                                                   | 40,00                                                   | 40,00                                                   | 60,00                                                   | 80,00                                                   |
| XII.-XIII.      | 128,57                                                  | 42,86                                                   | 100,00                                                  | 71,43                                                   | 128,57                                                  |
| XIII.-XIV.      | 66,67                                                   | 66,67                                                   | 83,33                                                   | 133,33                                                  | 50,00                                                   |
| XIV.-XV.        | 116,67                                                  | 16,67                                                   | 83,33                                                   | 50,00                                                   | 133,30                                                  |
| XV.-XVI.        | 16,67                                                   | 33,33                                                   | -33,33                                                  | 33,33                                                   | -33,33                                                  |
| XVI.-XVII.      | 50,00                                                   | -33,33                                                  | 50,00                                                   | 66,67                                                   | 66,67                                                   |
| XVII.-XVIII.    | -16,67                                                  | 0,00                                                    | 0,00                                                    | 0,00                                                    | -16,67                                                  |
| XVIII.-XIX.     | -28,57                                                  | 28,57                                                   | 14,29                                                   | -14,29                                                  | 42,86                                                   |
| XIX.-XX.        | -12,50                                                  | -25,00                                                  | -12,50                                                  | -37,50                                                  | -25,00                                                  |
| Stroh + Spreu   |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |
| XV.-XVI.        | -83,33                                                  | 0,00                                                    | -83,33                                                  | -16,67                                                  | -83,33                                                  |
| XVI.-XVII.      | 0,00                                                    | -50,00                                                  | 0,00                                                    | -16,67                                                  | -16,67                                                  |
| XVII.-XVIII.    | -50,00                                                  | 0,00                                                    | -16,67                                                  | -33,33                                                  | -83,33                                                  |
| XVIII.-XIX.     | 14,29                                                   | 14,29                                                   | 0,00                                                    | -14,29                                                  | 57,14                                                   |
| XIX.-XX.        | -37,50                                                  | -25,00                                                  | -12,50                                                  | -37,50                                                  | -12,50                                                  |
| Körner          |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |
| XV.-XVI.        | 100,00                                                  | 33,33                                                   | 50,00                                                   | 50,00                                                   | 50,00                                                   |
| XVI.-XVII.      | 50,00                                                   | 16,67                                                   | 50,00                                                   | 83,33                                                   | 83,33                                                   |
| XVII.-XVIII.    | 33,33                                                   | 0,00                                                    | 16,67                                                   | 33,33                                                   | 66,67                                                   |
| XVIII.-XIX.     | -14,29                                                  | 14,29                                                   | 14,29                                                   | 0,00                                                    | -14,29                                                  |
| XIX.-XX.        | 25,00                                                   | 0,00                                                    | 0,00                                                    | 0,00                                                    | 25,00                                                   |

Tabelle 4: Rohproteingehalte (in % der Trockensubstanz) bei Sommerweizen im Verlauf der Vegetation in Abhängigkeit von der P- und K-Versorgung (1970)

| Ernte           | N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub><br>(Var.1) | N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>1</sub><br>(Var.2) | N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub><br>(Var.3) | N <sub>3</sub> K <sub>3</sub> P <sub>1</sub><br>(Var.4) | N <sub>3</sub> K <sub>3</sub> P <sub>2</sub><br>(Var.5) |
|-----------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| gesamte Pflanze |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |
| I.              | 45,1                                                    | 49,9                                                    | 47,5                                                    | 45,9                                                    | 45,1                                                    |
| II.             | 38,5                                                    | 40,9                                                    | 40,7                                                    | 39,4                                                    | 39,3                                                    |
| III.            | 37,5                                                    | 39,3                                                    | 38,1                                                    | 34,4                                                    | 35,2                                                    |
| IV.             | 37,4                                                    | 38,5                                                    | 37,0                                                    | 32,7                                                    | 34,4                                                    |
| V.              | 38,3                                                    | 39,6                                                    | 39,0                                                    | 36,2                                                    | 37,9                                                    |
| VI.             | 33,0                                                    | 34,4                                                    | 33,6                                                    | 31,1                                                    | 32,5                                                    |
| VII.            | 30,8                                                    | 29,5                                                    | 30,2                                                    | 28,5                                                    | 31,0                                                    |
| VIII.           | 24,5                                                    | 22,8                                                    | 24,0                                                    | 21,7                                                    | 24,5                                                    |
| IX.             | 17,2                                                    | 18,0                                                    | 18,7                                                    | 16,8                                                    | 16,6                                                    |
| X.              | 12,2                                                    | 14,2                                                    | 13,4                                                    | 12,1                                                    | 12,4                                                    |
| XI.             | 8,9                                                     | 11,1                                                    | 10,7                                                    | 9,8                                                     | 9,6                                                     |
| XII.            | 8,5                                                     | 11,1                                                    | 9,5                                                     | 8,1                                                     | 8,0                                                     |
| XIII.           | 7,1                                                     | 8,8                                                     | 8,4                                                     | 7,8                                                     | 7,1                                                     |
| XIV.            | 6,4                                                     | 9,1                                                     | 7,4                                                     | 6,5                                                     | 6,7                                                     |
| XV.             | 6,5                                                     | 8,7                                                     | 7,5                                                     | 6,5                                                     | 6,4                                                     |
| XVI.            | 6,3                                                     | 8,8                                                     | 7,0                                                     | 6,2                                                     | 6,6                                                     |
| XVII.           | 6,0                                                     | 8,1                                                     | 7,1                                                     | 6,0                                                     | 6,2                                                     |
| XVIII.          | 5,9                                                     | 8,4                                                     | 6,9                                                     | 6,3                                                     | 6,6                                                     |
| XIX.            | 6,1                                                     | 8,6                                                     | 7,0                                                     | 6,7                                                     | 6,5                                                     |
| XX.             | 6,2                                                     | 8,7                                                     | 6,9                                                     | 6,9                                                     | 6,7                                                     |
| Stroh + Spreu   |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |
| XV.             | 4,4                                                     | 7,5                                                     | 5,9                                                     | 4,8                                                     | 4,4                                                     |
| XVI.            | 4,3                                                     | 7,4                                                     | 5,3                                                     | 3,9                                                     | 4,2                                                     |
| XVII.           | 3,2                                                     | 5,8                                                     | 4,8                                                     | 3,3                                                     | 3,2                                                     |
| XVIII.          | 2,6                                                     | 5,7                                                     | 3,9                                                     | 2,8                                                     | 2,7                                                     |
| XIX.            | 2,8                                                     | 5,9                                                     | 4,2                                                     | 2,8                                                     | 2,7                                                     |
| XX.             | 2,8                                                     | 5,7                                                     | 4,0                                                     | 2,7                                                     | 2,6                                                     |
| Körner          |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |
| XV.             | 12,4                                                    | 12,6                                                    | 11,7                                                    | 13,8                                                    | 13,0                                                    |
| XVI.            | 11,6                                                    | 12,9                                                    | 10,8                                                    | 13,3                                                    | 12,1                                                    |
| XVII.           | 11,0                                                    | 12,3                                                    | 10,9                                                    | 12,7                                                    | 12,2                                                    |
| XVIII.          | 11,4                                                    | 14,2                                                    | 11,6                                                    | 13,8                                                    | 12,8                                                    |
| XIX.            | 11,4                                                    | 14,7                                                    | 11,6                                                    | 14,2                                                    | 12,8                                                    |
| XX.             | 11,3                                                    | 15,0                                                    | 11,6                                                    | 14,4                                                    | 12,8                                                    |

Tabelle 5: Reinproteingehalte (in % der Trockensubstanz)  
bei Sommerweizen im Verlauf der Vegetation in  
Abhängigkeit von der P- und K-Versorgung (1970)

| Ernte           | N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub><br>(Var.1) | N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>1</sub><br>(Var.2) | N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub><br>(Var.3) | N <sub>3</sub> K <sub>3</sub> P <sub>1</sub><br>(Var.4) | N <sub>3</sub> K <sub>3</sub> P <sub>2</sub><br>(Var.5) |
|-----------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| gesamte Pflanze |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |
| I.              | 35,4                                                    | 37,0                                                    | 35,7                                                    | 35,6                                                    | 35,0                                                    |
| II.             | 30,8                                                    | 32,3                                                    | 31,7                                                    | 30,3                                                    | 31,0                                                    |
| III.            | 28,3                                                    | 27,9                                                    | 27,0                                                    | 26,3                                                    | 26,7                                                    |
| IV.             | 30,2                                                    | 29,4                                                    | 29,2                                                    | 26,5                                                    | 27,9                                                    |
| V.              | 27,9                                                    | 29,3                                                    | 29,0                                                    | 29,1                                                    | 29,1                                                    |
| VI.             | 27,0                                                    | 28,2                                                    | 27,7                                                    | 26,4                                                    | 26,9                                                    |
| VII.            | 23,8                                                    | 22,8                                                    | 23,8                                                    | 22,9                                                    | 24,5                                                    |
| VIII.           | 18,7                                                    | 17,6                                                    | 18,6                                                    | 17,6                                                    | 19,4                                                    |
| IX.             | 14,4                                                    | 14,7                                                    | 16,1                                                    | 14,3                                                    | 14,5                                                    |
| X.              | 10,6                                                    | 11,9                                                    | 12,1                                                    | 10,3                                                    | 10,7                                                    |
| XI.             | 7,5                                                     | 8,8                                                     | 8,9                                                     | 8,4                                                     | 8,1                                                     |
| XII.            | 7,1                                                     | 9,0                                                     | 7,9                                                     | 7,0                                                     | 6,9                                                     |
| XIII.           | 6,0                                                     | 7,3                                                     | 6,9                                                     | 6,2                                                     | 6,0                                                     |
| XIV.            | 5,3                                                     | 7,3                                                     | 6,1                                                     | 5,2                                                     | 5,5                                                     |
| XV.             | 5,4                                                     | 7,2                                                     | 6,1                                                     | 5,3                                                     | 5,4                                                     |
| XVI.            | 5,4                                                     | 7,1                                                     | 6,0                                                     | 5,2                                                     | 5,6                                                     |
| XVII.           | 5,6                                                     | 7,3                                                     | 6,4                                                     | 5,3                                                     | 5,5                                                     |
| XVIII.          | 5,7                                                     | 7,5                                                     | 6,6                                                     | 5,7                                                     | 6,2                                                     |
| XIX.            | 5,9                                                     | 7,8                                                     | 6,7                                                     | 6,1                                                     | 6,1                                                     |
| XX.             | 6,1                                                     | 8,1                                                     | 6,5                                                     | 6,6                                                     | 6,6                                                     |
| Stroh + Spreu   |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |
| XV.             | 3,6                                                     | 6,1                                                     | 4,8                                                     | 3,9                                                     | 3,8                                                     |
| XVI.            | 3,6                                                     | 5,7                                                     | 4,4                                                     | 3,2                                                     | 3,5                                                     |
| XVII.           | 3,0                                                     | 4,9                                                     | 4,2                                                     | 2,9                                                     | 2,8                                                     |
| XVIII.          | 2,5                                                     | 4,8                                                     | 3,9                                                     | 2,4                                                     | 2,6                                                     |
| XIX.            | 2,6                                                     | 5,0                                                     | 3,8                                                     | 2,4                                                     | 2,5                                                     |
| XX.             | 2,7                                                     | 5,1                                                     | 3,5                                                     | 2,5                                                     | 2,5                                                     |
| Körner          |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |
| XV.             | 10,5                                                    | 10,5                                                    | 9,7                                                     | 11,3                                                    | 10,8                                                    |
| XVI.            | 10,1                                                    | 11,2                                                    | 9,4                                                     | 11,3                                                    | 10,6                                                    |
| XVII.           | 10,3                                                    | 11,7                                                    | 10,2                                                    | 11,4                                                    | 10,9                                                    |
| XVIII.          | 10,9                                                    | 12,2                                                    | 10,9                                                    | 12,9                                                    | 11,7                                                    |
| XIX.            | 11,1                                                    | 13,8                                                    | 11,3                                                    | 13,3                                                    | 12,2                                                    |
| XX.             | 11,1                                                    | 14,3                                                    | 11,3                                                    | 13,8                                                    | 12,5                                                    |

Tabelle 6: Rohproteinerträge (mg/Pfl.) bei Sommerweizen  
im Verlauf der Vegetation in Abhängigkeit von  
der P- und K-Versorgung (1970)

| Ernte           | N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub><br>(Var.1) | N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>1</sub><br>(Var.2) | N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub><br>(Var.3) | N <sub>3</sub> K <sub>3</sub> P <sub>1</sub><br>(Var.4) | N <sub>3</sub> K <sub>3</sub> P <sub>2</sub><br>(Var.5) |
|-----------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| gesamte Pflanze |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |
| I.              | 4,5                                                     | 5,0                                                     | 4,7                                                     | 4,6                                                     | 4,5                                                     |
| II.             | 7,7                                                     | 8,2                                                     | 8,1                                                     | 7,9                                                     | 7,9                                                     |
| III.            | 15,0                                                    | 16,0                                                    | 15,2                                                    | 13,8                                                    | 14,1                                                    |
| IV.             | 29,9                                                    | 30,8                                                    | 29,6                                                    | 22,9                                                    | 27,5                                                    |
| V.              | 65,2                                                    | 63,3                                                    | 62,3                                                    | 50,7                                                    | 60,6                                                    |
| VI.             | 135,2                                                   | 127,4                                                   | 124,2                                                   | 93,2                                                    | 112,0                                                   |
| VII.            | 250,9                                                   | 199,1                                                   | 220,7                                                   | 168,4                                                   | 237,0                                                   |
| VIII.           | 391,9                                                   | 274,0                                                   | 323,8                                                   | 271,0                                                   | 343,7                                                   |
| IX.             | 421,0                                                   | 306,6                                                   | 383,6                                                   | 303,1                                                   | 390,7                                                   |
| X.              | 456,6                                                   | 339,6                                                   | 408,8                                                   | 344,5                                                   | 441,0                                                   |
| XI.             | 455,8                                                   | 345,3                                                   | 429,4                                                   | 382,2                                                   | 439,5                                                   |
| XII.            | 450,0                                                   | 365,2                                                   | 298,6                                                   | 341,2                                                   | 401,3                                                   |
| XIII.           | 439,2                                                   | 316,8                                                   | 412,4                                                   | 365,3                                                   | 419,2                                                   |
| XIV.            | 419,4                                                   | 363,1                                                   | 398,4                                                   | 356,3                                                   | 417,6                                                   |
| XV.             | 471,6                                                   | 357,2                                                   | 440,3                                                   | 376,8                                                   | 447,7                                                   |
| XVI.            | 465,8                                                   | 376,2                                                   | 397,8                                                   | 373,2                                                   | 445,6                                                   |
| XVII.           | 459,1                                                   | 332,0                                                   | 424,8                                                   | 384,7                                                   | 447,3                                                   |
| XVIII.          | 450,4                                                   | 343,7                                                   | 415,3                                                   | 401,6                                                   | 469,0                                                   |
| XIX.            | 450,3                                                   | 372,1                                                   | 426,3                                                   | 423,5                                                   | 480,5                                                   |
| XX.             | 453,2                                                   | 357,8                                                   | 415,3                                                   | 414,8                                                   | 485,1                                                   |
| Stroh + Spreu   |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |
| XV.             | 242,7                                                   | 227,6                                                   | 252,9                                                   | 225,3                                                   | 239,5                                                   |
| XVI.            | 212,2                                                   | 228,1                                                   | 198,1                                                   | 180,9                                                   | 207,7                                                   |
| XVII.           | 161,5                                                   | 165,5                                                   | 185,2                                                   | 149,0                                                   | 153,5                                                   |
| XVIII.          | 120,4                                                   | 159,7                                                   | 143,0                                                   | 119,0                                                   | 117,3                                                   |
| XIX.            | 126,3                                                   | 167,0                                                   | 160,4                                                   | 119,2                                                   | 128,0                                                   |
| XX.             | 120,3                                                   | 152,0                                                   | 142,0                                                   | 105,6                                                   | 110,8                                                   |
| Körner          |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |
| XV.             | 228,9                                                   | 129,6                                                   | 187,4                                                   | 151,5                                                   | 208,2                                                   |
| XVI.            | 253,6                                                   | 148,1                                                   | 199,7                                                   | 192,3                                                   | 237,9                                                   |
| XVII.           | 297,6                                                   | 166,5                                                   | 239,6                                                   | 235,7                                                   | 293,8                                                   |
| XVIII.          | 330,0                                                   | 184,0                                                   | 272,3                                                   | 282,6                                                   | 351,7                                                   |
| XIX.            | 324,6                                                   | 205,1                                                   | 265,9                                                   | 304,3                                                   | 352,5                                                   |
| XX.             | 332,9                                                   | 205,8                                                   | 273,2                                                   | 309,2                                                   | 374,4                                                   |

Tabelle 7: Reinproteinerträge (mg/Pfl.) bei Sommerweizen  
im Verlauf der Vegetation in Abhängigkeit von  
der P- und K-Versorgung (1970)

| Ernte           | N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub><br>(Var.1) | N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>1</sub><br>(Var.2) | N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub><br>(Var.3) | N <sub>3</sub> K <sub>3</sub> P <sub>1</sub><br>(Var.4) | N <sub>3</sub> K <sub>3</sub> P <sub>2</sub><br>(Var.5) |
|-----------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| gesamte Pflanze |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |
| I.              | 3,5                                                     | 3,7                                                     | 3,6                                                     | 3,6                                                     | 3,5                                                     |
| II.             | 6,2                                                     | 6,5                                                     | 6,3                                                     | 6,1                                                     | 6,2                                                     |
| III.            | 11,3                                                    | 11,2                                                    | 10,8                                                    | 10,5                                                    | 10,7                                                    |
| IV.             | 24,2                                                    | 23,5                                                    | 23,3                                                    | 18,6                                                    | 22,3                                                    |
| V.              | 47,5                                                    | 46,9                                                    | 46,5                                                    | 40,7                                                    | 46,5                                                    |
| VI.             | 110,9                                                   | 104,3                                                   | 102,4                                                   | 79,3                                                    | 92,8                                                    |
| VII.            | 194,3                                                   | 154,2                                                   | 173,9                                                   | 134,9                                                   | 187,7                                                   |
| VIII.           | 298,7                                                   | 210,9                                                   | 251,3                                                   | 219,8                                                   | 270,9                                                   |
| IX.             | 352,1                                                   | 249,9                                                   | 330,6                                                   | 257,2                                                   | 340,3                                                   |
| X.              | 396,4                                                   | 284,8                                                   | 368,0                                                   | 294,6                                                   | 379,2                                                   |
| XI.             | 384,4                                                   | 271,4                                                   | 354,2                                                   | 328,6                                                   | 370,2                                                   |
| XII.            | 378,5                                                   | 295,6                                                   | 332,3                                                   | 292,2                                                   | 345,1                                                   |
| XIII.           | 369,4                                                   | 262,3                                                   | 340,1                                                   | 292,4                                                   | 353,1                                                   |
| XIV.            | 347,3                                                   | 292,8                                                   | 331,3                                                   | 285,1                                                   | 337,7                                                   |
| XV.             | 395,5                                                   | 293,3                                                   | 361,2                                                   | 307,6                                                   | 376,9                                                   |
| XVI.            | 398,8                                                   | 304,8                                                   | 339,5                                                   | 310,7                                                   | 381,2                                                   |
| XVII.           | 430,0                                                   | 297,7                                                   | 383,3                                                   | 340,1                                                   | 395,5                                                   |
| XVIII.          | 432,3                                                   | 306,2                                                   | 398,3                                                   | 364,0                                                   | 437,4                                                   |
| XIX.            | 438,4                                                   | 335,8                                                   | 405,5                                                   | 386,4                                                   | 453,7                                                   |
| XX.             | 441,7                                                   | 330,9                                                   | 390,8                                                   | 394,5                                                   | 473,6                                                   |
| Stroh + Spreu   |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |
| XV.             | 201,0                                                   | 185,5                                                   | 206,1                                                   | 183,2                                                   | 204,6                                                   |
| XVI.            | 177,7                                                   | 176,0                                                   | 166,1                                                   | 146,4                                                   | 174,5                                                   |
| XVII.           | 151,8                                                   | 139,9                                                   | 160,0                                                   | 129,9                                                   | 134,8                                                   |
| XVIII.          | 117,2                                                   | 135,2                                                   | 143,2                                                   | 100,1                                                   | 114,3                                                   |
| XIX.            | 121,2                                                   | 143,3                                                   | 145,2                                                   | 100,0                                                   | 118,8                                                   |
| XX.             | 114,8                                                   | 133,9                                                   | 126,2                                                   | 98,8                                                    | 107,4                                                   |
| Körner          |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |
| XV.             | 194,5                                                   | 107,8                                                   | 155,1                                                   | 124,4                                                   | 172,3                                                   |
| XVI.            | 221,1                                                   | 128,8                                                   | 173,4                                                   | 164,3                                                   | 206,7                                                   |
| XVII.           | 278,2                                                   | 157,8                                                   | 223,3                                                   | 210,2                                                   | 260,7                                                   |
| XVIII.          | 315,1                                                   | 171,0                                                   | 255,1                                                   | 263,9                                                   | 323,1                                                   |
| XIX.            | 317,2                                                   | 192,5                                                   | 260,3                                                   | 286,4                                                   | 334,9                                                   |
| XX.             | 327,0                                                   | 197,0                                                   | 264,6                                                   | 295,7                                                   | 366,3                                                   |

Tabelle 8: Anteil des Reinproteins an Rohprotein (in %) bei Sommerweizen im Verlauf der Vegetation bei unterschiedlicher P- und K-Versorgung (1970)

| Ernte           | $N_3P_3K_3$<br>(Var.1) | $N_3P_3K_1$<br>(Var.2) | $N_3P_3K_2$<br>(Var.3) | $N_3K_3P_1$<br>(Var.4) | $N_3K_3P_1$<br>(Var.5) |
|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| gesamte Pflanze |                        |                        |                        |                        |                        |
| I.              | 78,3                   | 74,2                   | 75,2                   | 77,7                   | 77,6                   |
| II.             | 80,1                   | 79,0                   | 78,0                   | 76,9                   | 78,9                   |
| III.            | 75,5                   | 69,0                   | 70,8                   | 76,3                   | 76,0                   |
| IV.             | 80,8                   | 76,4                   | 78,9                   | 81,2                   | 81,3                   |
| V.              | 72,9                   | 74,1                   | 74,6                   | 80,3                   | 76,7                   |
| VI.             | 82,0                   | 81,8                   | 82,4                   | 85,1                   | 82,9                   |
| VII.            | 77,4                   | 77,4                   | 78,7                   | 80,1                   | 79,2                   |
| VIII.           | 82,0                   | 77,0                   | 77,6                   | 81,1                   | 78,9                   |
| IX.             | 83,7                   | 81,5                   | 86,2                   | 84,9                   | 87,1                   |
| X.              | 86,8                   | 83,9                   | 90,0                   | 85,4                   | 86,0                   |
| XI.             | 84,3                   | 78,5                   | 82,5                   | 86,0                   | 84,3                   |
| XII.            | 84,1                   | 80,9                   | 83,3                   | 85,7                   | 85,9                   |
| XIII.           | 84,2                   | 82,8                   | 82,4                   | 80,1                   | 84,1                   |
| XIV.            | 82,8                   | 80,6                   | 83,2                   | 79,9                   | 80,0                   |
| XV.             | 83,9                   | 82,1                   | 82,0                   | 81,5                   | 84,1                   |
| XVI.            | 85,7                   | 81,0                   | 85,5                   | 83,3                   | 85,6                   |
| XVII.           | 93,6                   | 89,6                   | 90,3                   | 88,4                   | 88,4                   |
| XVIII.          | 96,0                   | 89,1                   | 96,0                   | 90,6                   | 93,2                   |
| XIX.            | 97,2                   | 90,3                   | 95,1                   | 91,2                   | 94,5                   |
| XX.             | 97,4                   | 92,4                   | 94,1                   | 95,2                   | 97,6                   |
| Stroh + Spreu   |                        |                        |                        |                        |                        |
| XV.             | 82,8                   | 81,6                   | 81,5                   | 81,3                   | 85,6                   |
| XVI.            | 83,8                   | 77,2                   | 83,9                   | 81,0                   | 84,0                   |
| XVII.           | 94,1                   | 84,5                   | 86,5                   | 87,3                   | 87,7                   |
| XVIII.          | 97,3                   | 84,7                   | 100,00                 | 84,3                   | 97,4                   |
| XIX.            | 96,0                   | 85,8                   | 91,6                   | 83,8                   | 92,6                   |
| XX.             | 95,4                   | 88,1                   | 89,2                   | 93,7                   | 97,6                   |
| Körner          |                        |                        |                        |                        |                        |
| XV.             | 85,0                   | 83,2                   | 82,7                   | 82,1                   | 82,7                   |
| XVI.            | 87,2                   | 87,0                   | 86,9                   | 85,4                   | 87,6                   |
| XVII.           | 93,5                   | 94,8                   | 93,2                   | 89,2                   | 88,7                   |
| XVIII.          | 95,5                   | 85,9                   | 93,7                   | 93,3                   | 91,9                   |
| XIX.            | 97,7                   | 93,9                   | 98,0                   | 94,1                   | 95,0                   |
| XX.             | 98,2                   | 95,7                   | 96,9                   | 95,8                   | 97,8                   |

Tabelle 9: Kaliumgehalt bei Sommerweizen (mg/g abs.tr.)  
im Verlauf der Vegetation in Abhängigkeit von  
der P- und K-Versorgung (1970)

| Ernte           | N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub><br>(Var.1) | N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>1</sub><br>(Var.2) | N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub><br>(Var.3) | N <sub>3</sub> K <sub>3</sub> P <sub>1</sub><br>(Var.4) | N <sub>3</sub> K <sub>3</sub> P <sub>2</sub><br>(Var.5) |
|-----------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| gesamte Pflanze |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |
| I.              | 58,5                                                    | 42,2                                                    | 50,5                                                    | 57,8                                                    | 57,8                                                    |
| II.             | 61,3                                                    | 43,6                                                    | 52,3                                                    | 60,7                                                    | 61,1                                                    |
| III.            | 47,0                                                    | 37,3                                                    | 43,2                                                    | 42,9                                                    | 45,2                                                    |
| IV.             | 46,3                                                    | 37,8                                                    | 41,7                                                    | 41,5                                                    | 42,4                                                    |
| V.              | 49,4                                                    | 42,1                                                    | 45,1                                                    | 45,1                                                    | 47,7                                                    |
| VI.             | 50,1                                                    | 32,2                                                    | 42,5                                                    | 44,3                                                    | 49,1                                                    |
| VII.            | 50,7                                                    | 19,4                                                    | 31,7                                                    | 44,5                                                    | 48,9                                                    |
| VIII.           | 42,5                                                    | 13,5                                                    | 21,0                                                    | 41,8                                                    | 45,7                                                    |
| IX.             | 33,0                                                    | 8,5                                                     | 13,7                                                    | 37,3                                                    | 33,7                                                    |
| X.              | 23,7                                                    | 6,5                                                     | 8,9                                                     | 28,6                                                    | 25,3                                                    |
| XI.             | 17,6                                                    | 5,3                                                     | 7,3                                                     | 21,7                                                    | 18,8                                                    |
| XII.            | 17,4                                                    | 5,2                                                     | 6,4                                                     | 18,2                                                    | 16,7                                                    |
| XIII.           | 12,0                                                    | 4,3                                                     | 5,8                                                     | 15,5                                                    | 12,2                                                    |
| XIV.            | 11,6                                                    | 4,1                                                     | 5,3                                                     | 13,0                                                    | 11,3                                                    |
| XV.             | 10,2                                                    | 4,1                                                     | 5,5                                                     | 11,9                                                    | 10,1                                                    |
| XVI.            | 9,2                                                     | 4,0                                                     | 4,9                                                     | 10,4                                                    | 9,3                                                     |
| XVII.           | 8,7                                                     | 4,2                                                     | 4,9                                                     | 8,7                                                     | 7,9                                                     |
| XVIII.          | 8,8                                                     | 4,1                                                     | 4,8                                                     | 9,2                                                     | 8,5                                                     |
| XIX.            | 8,6                                                     | 3,9                                                     | 4,8                                                     | 9,2                                                     | 8,4                                                     |
| XX.             | 7,2                                                     | 2,9                                                     | 3,7                                                     | 7,9                                                     | 6,5                                                     |
| Stroh + Spreu   |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |
| XV.             | 11,3                                                    | 3,4                                                     | 5,2                                                     | 13,1                                                    | 11,2                                                    |
| XVI.            | 10,9                                                    | 3,2                                                     | 4,7                                                     | 12,0                                                    | 10,7                                                    |
| XVII.           | 10,4                                                    | 3,2                                                     | 4,8                                                     | 11,4                                                    | 10,5                                                    |
| XVIII.          | 11,0                                                    | 3,3                                                     | 4,7                                                     | 11,9                                                    | 11,2                                                    |
| XIX.            | 10,8                                                    | 3,0                                                     | 4,6                                                     | 12,0                                                    | 10,9                                                    |
| XX.             | 8,5                                                     | 1,7                                                     | 2,8                                                     | 10,1                                                    | 7,9                                                     |
| Körner          |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |
| XV.             | 6,8                                                     | 6,4                                                     | 6,3                                                     | 6,5                                                     | 6,2                                                     |
| XVI.            | 5,8                                                     | 6,1                                                     | 5,2                                                     | 5,3                                                     | 5,5                                                     |
| XVII.           | 5,5                                                     | 6,3                                                     | 5,2                                                     | 2,4                                                     | 2,7                                                     |
| XVIII.          | 5,2                                                     | 5,9                                                     | 5,0                                                     | 3,7                                                     | 4,2                                                     |
| XIX.            | 5,0                                                     | 5,7                                                     | 5,1                                                     | 3,7                                                     | 4,1                                                     |
| XX.             | 5,2                                                     | 5,3                                                     | 5,1                                                     | 3,9                                                     | 4,3                                                     |

Tabelle 10: Phosphorgehalt bei Sommerweizen (mg/g abs.tr.)  
im Verlauf der Vegetation in Abhängigkeit von  
der P- und K-Versorgung (1970)

| Ernte           | $N_2P_3K_3$<br>(Var.1) | $N_3P_3K_1$<br>(Var.2) | $N_3P_3K_2$<br>(Var.3) | $N_3K_3P_1$<br>(Var.4) | $N_3K_3P_2$<br>(Var.5) |
|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| gesamte Pflanze |                        |                        |                        |                        |                        |
| I.              | 14,3                   | 14,0                   | 14,4                   | 8,3                    | 10,3                   |
| II.             | 13,3                   | 14,1                   | 14,2                   | 7,2                    | 8,8                    |
| III.            | 12,6                   | 11,7                   | 11,4                   | 5,1                    | 8,2                    |
| IV.             | 12,0                   | 11,5                   | 11,1                   | 4,4                    | 7,4                    |
| V.              | 13,0                   | 15,0                   | 13,8                   | 5,7                    | 9,1                    |
| VI.             | 9,9                    | 11,3                   | 10,6                   | 4,4                    | 6,6                    |
| VII.            | 8,0                    | 9,2                    | 8,4                    | 3,4                    | 4,8                    |
| VIII.           | 5,4                    | 6,6                    | 5,8                    | 2,7                    | 3,8                    |
| IX.             | 4,2                    | 5,6                    | 4,6                    | 2,1                    | 2,8                    |
| X.              | 2,8                    | 4,2                    | 3,1                    | 0,9                    | 1,6                    |
| XI.             | 2,7                    | 3,8                    | 2,9                    | 1,1                    | 1,7                    |
| XII.            | 2,5                    | 4,4                    | 3,0                    | 1,0                    | 1,6                    |
| XIII.           | 2,3                    | 3,4                    | 2,7                    | 1,0                    | 1,5                    |
| XIV.            | 1,8                    | 3,4                    | 2,6                    | 0,7                    | 1,2                    |
| XV.             | 1,8                    | 3,5                    | 2,4                    | 0,7                    | 1,3                    |
| XVI.            | 1,8                    | 3,5                    | 2,1                    | 0,7                    | 1,2                    |
| XVII.           | 1,7                    | 3,6                    | 2,2                    | 0,7                    | 1,2                    |
| XVIII.          | 1,8                    | 3,7                    | 2,1                    | 0,7                    | 1,2                    |
| XIX.            | 1,7                    | 3,6                    | 2,2                    | 0,8                    | 1,1                    |
| XX.             | 1,8                    | 3,5                    | 2,2                    | 0,7                    | 1,2                    |
| Stroh + Spreu   |                        |                        |                        |                        |                        |
| XV.             | 1,2                    | 3,3                    | 1,9                    | 0,4                    | 0,7                    |
| XVI.            | 0,9                    | 3,3                    | 1,4                    | 0,3                    | 0,5                    |
| XVII.           | 0,8                    | 3,3                    | 1,4                    | 0,3                    | 0,4                    |
| XVIII.          | 0,7                    | 3,3                    | 1,3                    | 0,2                    | 0,3                    |
| XIX.            | 0,7                    | 3,2                    | 1,4                    | 0,2                    | 0,3                    |
| XX.             | 0,7                    | 3,1                    | 1,2                    | 0,1                    | 0,2                    |
| Körner          |                        |                        |                        |                        |                        |
| XV.             | 3,7                    | 4,2                    | 3,7                    | 2,2                    | 3,2                    |
| XVI.            | 3,7                    | 4,2                    | 3,5                    | 1,9                    | 2,9                    |
| XVII.           | 3,4                    | 4,3                    | 3,4                    | 1,7                    | 2,7                    |
| XVIII.          | 3,6                    | 4,5                    | 3,5                    | 1,7                    | 2,6                    |
| XIX.            | 3,3                    | 4,5                    | 3,5                    | 1,9                    | 2,5                    |
| XX.             | 3,5                    | 4,5                    | 3,8                    | 1,8                    | 2,7                    |

Tabelle 11: Kaliumentzug bei Sommerweizen (mg/Pfl.) im  
Verlauf der Vegetation in Abhängigkeit von  
der P- und K-Versorgung

| Ernte           | $N_3P_3K_3$<br>(Var.1) | $N_3P_3K_1$<br>(Var.2) | $N_3P_3K_2$<br>(Var.3) | $N_3K_3P_1$<br>(Var.4) | $N_3K_3P_2$<br>(Var.5) |
|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| gesamte Pflanze |                        |                        |                        |                        |                        |
| I.              | 0,6                    | 0,4                    | 0,5                    | 0,6                    | 0,6                    |
| II.             | 1,2                    | 0,9                    | 1,0                    | 1,2                    | 1,2                    |
| III.            | 1,9                    | 1,5                    | 1,7                    | 1,7                    | 1,8                    |
| IV.             | 3,7                    | 3,0                    | 3,3                    | 2,9                    | 3,4                    |
| V.              | 8,4                    | 6,7                    | 7,2                    | 6,3                    | 7,6                    |
| VI.             | 20,5                   | 11,9                   | 15,7                   | 13,3                   | 17,2                   |
| VII.            | 41,6                   | 13,2                   | 23,1                   | 26,3                   | 37,2                   |
| VIII.           | 68,0                   | 16,2                   | 29,4                   | 50,2                   | 64,0                   |
| IX.             | 82,5                   | 14,5                   | 28,8                   | 67,1                   | 80,9                   |
| X.              | 87,7                   | 15,6                   | 27,6                   | 82,9                   | 91,1                   |
| XI.             | 89,6                   | 16,4                   | 29,0                   | 84,6                   | 86,3                   |
| XII.            | 92,0                   | 17,2                   | 27,0                   | 76,4                   | 83,7                   |
| XIII.           | 74,7                   | 15,6                   | 28,6                   | 72,8                   | 72,2                   |
| XIV.            | 76,7                   | 16,2                   | 28,5                   | 71,3                   | 70,1                   |
| XV.             | 74,4                   | 16,9                   | 32,5                   | 68,8                   | 70,4                   |
| XVI.            | 68,4                   | 17,2                   | 27,8                   | 62,6                   | 62,9                   |
| XVII.           | 66,9                   | 17,2                   | 29,6                   | 55,9                   | 56,9                   |
| XVIII.          | 66,8                   | 16,9                   | 28,9                   | 59,0                   | 60,0                   |
| XIX.            | 63,7                   | 16,7                   | 29,2                   | 58,2                   | 62,3                   |
| XX.             | 52,2                   | 12,0                   | 22,3                   | 47,6                   | 46,5                   |
| Stroh + Spreu   |                        |                        |                        |                        |                        |
| XV.             | 62,2                   | 10,5                   | 22,4                   | 61,6                   | 60,5                   |
| XVI.            | 54,5                   | 9,9                    | 17,9                   | 55,2                   | 52,4                   |
| XVII.           | 52,0                   | 9,0                    | 18,2                   | 51,3                   | 50,4                   |
| XVIII.          | 51,7                   | 9,2                    | 17,4                   | 51,2                   | 48,2                   |
| XIX.            | 49,7                   | 8,7                    | 17,0                   | 50,4                   | 51,2                   |
| XX.             | 36,6                   | 4,6                    | 10,1                   | 39,4                   | 34,0                   |
| Körner          |                        |                        |                        |                        |                        |
| XV.             | 12,2                   | 6,4                    | 10,1                   | 7,2                    | 9,9                    |
| XVI.            | 13,9                   | 7,2                    | 9,9                    | 7,4                    | 10,5                   |
| XVII.           | 14,9                   | 8,2                    | 11,4                   | 4,6                    | 6,5                    |
| XVIII.          | 15,1                   | 7,7                    | 11,5                   | 7,8                    | 11,8                   |
| XIX.            | 14,0                   | 8,0                    | 12,2                   | 7,8                    | 11,1                   |
| XX.             | 15,6                   | 7,4                    | 12,2                   | 8,2                    | 12,5                   |

Tabelle 12: Phosphorentzug bei Sommerweizen (mg/Pfl.)  
im Verlauf der Vegetation in Abhängigkeit von  
der P- und K-Versorgung (1970)

| Ernte           | $N_3P_3K_3$<br>(Var.1) | $N_3P_3K_1$<br>(Var.2) | $N_3P_3K_2$<br>(Var.3) | $N_3K_3P_1$<br>(Var.4) | $N_3K_3P_2$<br>(Var.5) |
|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| gesamte Pflanze |                        |                        |                        |                        |                        |
| I.              | 0,1                    | 0,1                    | 0,1                    | 0,1                    | 0,1                    |
| II.             | 0,3                    | 0,3                    | 0,3                    | 0,1                    | 0,2                    |
| III.            | 0,5                    | 0,5                    | 0,4                    | 0,2                    | 0,3                    |
| IV.             | 1,0                    | 0,9                    | 0,9                    | 0,3                    | 0,6                    |
| V.              | 2,2                    | 2,4                    | 2,2                    | 0,8                    | 1,4                    |
| VI.             | 4,1                    | 4,1                    | 3,9                    | 1,3                    | 2,3                    |
| VII.            | 6,5                    | 6,2                    | 6,1                    | 2,0                    | 3,6                    |
| VIII.           | 8,6                    | 7,9                    | 8,1                    | 3,2                    | 5,4                    |
| IX.             | 10,6                   | 9,6                    | 9,7                    | 3,7                    | 6,7                    |
| X.              | 10,5                   | 10,2                   | 9,5                    | 2,7                    | 5,8                    |
| XI.             | 13,7                   | 12,0                   | 11,5                   | 4,4                    | 7,7                    |
| XII.            | 13,2                   | 14,4                   | 12,5                   | 4,3                    | 7,8                    |
| XIII.           | 14,2                   | 12,4                   | 13,5                   | 4,5                    | 8,7                    |
| XIV.            | 12,0                   | 13,4                   | 14,2                   | 3,9                    | 7,7                    |
| XV.             | 13,4                   | 14,4                   | 14,0                   | 4,2                    | 8,9                    |
| XVI.            | 13,5                   | 15,2                   | 12,1                   | 3,9                    | 8,0                    |
| XVII.           | 13,4                   | 14,8                   | 13,1                   | 4,7                    | 8,6                    |
| XVIII.          | 13,6                   | 15,1                   | 12,8                   | 4,6                    | 8,6                    |
| XIX.            | 12,5                   | 15,7                   | 13,7                   | 4,8                    | 8,5                    |
| XX.             | 13,3                   | 14,5                   | 13,4                   | 4,4                    | 8,8                    |
| Stroh + Spreu   |                        |                        |                        |                        |                        |
| XV.             | 6,7                    | 10,2                   | 8,1                    | 1,8                    | 3,8                    |
| XVI.            | 4,6                    | 10,2                   | 5,5                    | 1,2                    | 2,6                    |
| XVII.           | 4,1                    | 9,2                    | 5,5                    | 1,4                    | 2,1                    |
| XVIII.          | 3,1                    | 9,3                    | 4,7                    | 1,0                    | 1,3                    |
| XIX.            | 3,2                    | 9,4                    | 5,3                    | 0,9                    | 1,7                    |
| XX.             | 2,8                    | 8,2                    | 4,2                    | 0,5                    | 1,0                    |
| Körner          |                        |                        |                        |                        |                        |
| XV.             | 6,7                    | 4,2                    | 5,9                    | 2,4                    | 5,1                    |
| XVI.            | 8,9                    | 5,0                    | 6,6                    | 2,7                    | 5,5                    |
| XVII.           | 9,3                    | 5,6                    | 7,6                    | 3,3                    | 6,5                    |
| XVIII.          | 10,5                   | 5,8                    | 8,1                    | 3,7                    | 7,3                    |
| XIX.            | 9,3                    | 6,3                    | 8,4                    | 3,9                    | 6,9                    |
| XX.             | 10,5                   | 6,3                    | 9,1                    | 3,8                    | 7,9                    |

Tabelle 13: Witterungsdaten (1970)

a) Niederschläge (mm/Dekade)

| Monat | Dek.      | Monat | Dek.     | Monat | Dek.      |
|-------|-----------|-------|----------|-------|-----------|
| April | I. 13,2   | Mai   | I. 15,5  | Juni  | I. 5,0    |
|       | II. 27,5  |       | II. 16,4 |       | II. 10,3  |
|       | III. 18,2 |       | III. 7,9 |       | III. 29,6 |
| Juli  | I. 34,0   | Aug.  | I. 0,3   | Sept. | I. 12,5   |
|       | II. 15,5  |       | II. 26,7 |       | II. 21,1  |
|       | III. 34,3 |       | III. 9,4 |       | III. 8,9  |

b) Temperatur (Dekadenmittel in °C)

| Monat | Dek. | Mitt. | Monat | Dek. | Mitt. | Monat | Dek. | Mitt. |
|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|
| April | I.   | 2,0   | Mai   | I.   | 12,9  | Juni  | I.   | 16,0  |
|       | II.  | 9,0   |       | II.  | 13,1  |       | II.  | 18,2  |
|       | III. | 8,3   |       | III. | 11,7  |       | III. | 18,1  |
| Juli  | I.   | 16,2  | Aug.  | I.   | 20,0  | Sept. | I.   | 15,5  |
|       | II.  | 15,4  |       | II.  | 16,1  |       | II.  | 13,7  |
|       | III. | 16,8  |       | III. | 16,1  |       | III. | 11,4  |

Tabelle 14: Systemmengen bei Sommerweizen (mg/Pfl.) im Verlauf der Vegetation in Abhängigkeit von der K- und P-Versorgung (1970)

| Ernte                           | $N_3P_3K_3$<br>(Var.1) | $N_3P_3K_1$<br>(Var.2) | $N_3P_3K_2$<br>(Var.3) | $N_3K_3P_1$<br>(Var.4) | $N_3K_3P_2$<br>(Var.5) |
|---------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| lebendes System                 |                        |                        |                        |                        |                        |
| I.                              | 9,8                    | 10,0                   | 10,0                   | 10,0                   | 9,8                    |
| II.                             | 17,4                   | 18,2                   | 17,6                   | 17,1                   | 17,4                   |
| III.                            | 31,6                   | 31,4                   | 30,2                   | 29,4                   | 30,0                   |
| IV.                             | 67,8                   | 65,8                   | 65,2                   | 52,1                   | 62,4                   |
| V.                              | 133,0                  | 131,3                  | 130,2                  | 114,0                  | 130,2                  |
| VI.                             | 310,5                  | 292,0                  | 286,7                  | 222,0                  | 259,8                  |
| VII.                            | 544,0                  | 431,8                  | 486,9                  | 377,7                  | 525,6                  |
| VIII.                           | 836,4                  | 590,5                  | 703,6                  | 615,4                  | 758,5                  |
| IX.                             | 985,9                  | 699,7                  | 925,7                  | 720,2                  | 952,8                  |
| X.                              | 1109,9                 | 797,4                  | 1030,4                 | 824,9                  | 1061,8                 |
| XI.                             | 1076,3                 | 759,9                  | 991,8                  | 920,1                  | 1036,6                 |
| XII.                            | 1059,8                 | 827,7                  | 930,4                  | 818,2                  | 966,3                  |
| XIII.                           | 1034,3                 | 734,4                  | 952,3                  | 818,7                  | 988,7                  |
| XIV.                            | 972,4                  | 819,8                  | 927,6                  | 798,3                  | 945,6                  |
| XV.                             | 562,8                  | 519,4                  | 577,1                  | 513,0                  | 572,9                  |
| XVI.                            | 497,6                  | 492,8                  | 465,1                  | 409,9                  | 488,6                  |
| XVII.                           | 425,0                  | 391,7                  | 448,0                  | 363,7                  | 377,4                  |
| XVIII.                          | 328,2                  | 378,6                  | 401,0                  | 280,3                  | 320,0                  |
| XIX.                            | 339,4                  | 401,2                  | 406,6                  | 280,0                  | 332,6                  |
| XX.                             | 321,4                  | 374,9                  | 353,4                  | 276,6                  | 300,7                  |
| ruhendes System (Reservesystem) |                        |                        |                        |                        |                        |
| XV.                             | 544,6                  | 301,8                  | 434,3                  | 348,3                  | 482,4                  |
| XVI.                            | 619,1                  | 360,6                  | 485,5                  | 460,0                  | 578,8                  |
| XVII.                           | 779,0                  | 441,8                  | 625,2                  | 588,6                  | 730,0                  |
| XVIII.                          | 882,3                  | 478,8                  | 714,3                  | 738,9                  | 904,7                  |
| XIX.                            | 888,2                  | 539,0                  | 728,8                  | 801,9                  | 937,7                  |
| XX.                             | 915,6                  | 551,6                  | 740,9                  | 828,0                  | 1025,6                 |

Tabelle 15: Zuwachsraten an lebendem und ruhendem System  
bei Sommerweizen (mg/Pfl. und Tag) zwischen  
den einzelnen Ernten (1970)

| Ernte                           | $N_3P_3K_3$<br>(Var.1) | $N_3P_3K_1$<br>(Var.2) | $N_3P_3K_2$<br>(Var.3) | $N_3K_3P_1$<br>(Var.4) | $N_3K_3P_2$<br>(Var.5) |
|---------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| lebendes System                 |                        |                        |                        |                        |                        |
| I.-II.                          | 1,5                    | 1,6                    | 1,5                    | 1,4                    | 1,5                    |
| II.-III.                        | 2,4                    | 2,2                    | 2,1                    | 2,1                    | 2,1                    |
| III.-IV.                        | 9,1                    | 8,6                    | 8,8                    | 5,7                    | 8,1                    |
| IV.-V.                          | 10,9                   | 10,9                   | 10,8                   | 10,3                   | 11,3                   |
| V.-VI.                          | 35,5                   | 32,1                   | 31,3                   | 21,6                   | 25,9                   |
| VI.-VII.                        | 33,4                   | 20,0                   | 28,6                   | 22,2                   | 38,0                   |
| VII.-VIII.                      | 41,8                   | 22,7                   | 31,0                   | 34,0                   | 33,3                   |
| VIII.-IX.                       | 24,9                   | 18,2                   | 37,0                   | 17,5                   | 32,4                   |
| IX.-X.                          | 17,7                   | 14,0                   | 15,0                   | 15,0                   | 15,6                   |
| X.-XI.                          | -4,8                   | -5,4                   | -5,5                   | 13,6                   | -3,6                   |
| XI.-XII.                        | -3,3                   | 13,6                   | -12,3                  | -20,4                  | -14,1                  |
| XII.-XIII.                      | -3,6                   | -13,3                  | 3,1                    | 0,1                    | 3,2                    |
| XIII.-XIV.                      | -10,3                  | 14,2                   | -4,1                   | -3,4                   | -7,2                   |
| XIV.-XV.                        | -68,3                  | -50,1                  | -58,4                  | -47,6                  | -62,2                  |
| XV.-XVI.                        | -10,9                  | -4,4                   | -18,7                  | -17,2                  | -14,1                  |
| XVI.-XVII.                      | -12,1                  | -16,9                  | -2,9                   | -7,7                   | -18,5                  |
| XVII.-XVIII.                    | -16,1                  | -2,2                   | -7,8                   | -13,9                  | -9,6                   |
| XVIII.-XIX.                     | 1,6                    | 3,2                    | 0,8                    | -0,1                   | 1,8                    |
| XIX.-XX.                        | -2,3                   | -3,3                   | -6,7                   | -0,4                   | -4,0                   |
| ruhendes System (Reservesystem) |                        |                        |                        |                        |                        |
| XV.-XVI.                        | 12,4                   | 9,8                    | 8,5                    | 18,6                   | 16,1                   |
| XVI.-XVII.                      | 26,7                   | 13,5                   | 23,3                   | 21,4                   | 25,2                   |
| XVII.-XVIII.                    | 17,2                   | 6,2                    | 14,9                   | 25,1                   | 29,1                   |
| XVIII.-XIX.                     | 0,8                    | 8,6                    | 2,1                    | 9,0                    | 4,7                    |
| XIX.-XX.                        | 3,9                    | 1,6                    | 1,5                    | 3,3                    | 11,0                   |

Tabelle 16: Produktmengen bei Sommerweizen (mg/Pfl.) im Verlauf der Vegetation in Abhängigkeit von der K- und P-Versorgung (1970)

| Ernte           | N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub><br>(Var.1) | N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>1</sub><br>(Var.2) | N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub><br>(Var.3) | N <sub>3</sub> K <sub>3</sub> P <sub>1</sub><br>(Var.4) | N <sub>3</sub> K <sub>3</sub> P <sub>2</sub><br>(Var.5) |
|-----------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| gesamte Pflanze |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |
| I.              | 0,2                                                     | 0,0                                                     | 0,0                                                     | 0,0                                                     | 0,2                                                     |
| II.             | 2,6                                                     | 1,8                                                     | 2,4                                                     | 2,9                                                     | 2,6                                                     |
| III.            | 8,4                                                     | 8,6                                                     | 9,8                                                     | 10,6                                                    | 10,0                                                    |
| IV.             | 12,2                                                    | 14,2                                                    | 14,8                                                    | 17,9                                                    | 17,6                                                    |
| V.              | 37,0                                                    | 28,7                                                    | 29,8                                                    | 26,0                                                    | 29,8                                                    |
| VI.             | 99,5                                                    | 78,0                                                    | 83,3                                                    | 78,0                                                    | 90,2                                                    |
| VII.            | 276,0                                                   | 248,2                                                   | 243,1                                                   | 212,3                                                   | 234,4                                                   |
| VIII.           | 763,6                                                   | 609,5                                                   | 696,4                                                   | 584,6                                                   | 641,5                                                   |
| IX.             | 1514,1                                                  | 1000,3                                                  | 1174,3                                                  | 1079,8                                                  | 1447,2                                                  |
| X.              | 2590,1                                                  | 1602,6                                                  | 2069,6                                                  | 2075,1                                                  | 2538,2                                                  |
| XI.             | 4023,7                                                  | 2340,1                                                  | 3008,2                                                  | 2979,9                                                  | 3563,4                                                  |
| XII.            | 4240,2                                                  | 2472,3                                                  | 3269,6                                                  | 3381,8                                                  | 4033,7                                                  |
| XIII.           | 5165,7                                                  | 2865,6                                                  | 3947,7                                                  | 3881,3                                                  | 4911,3                                                  |
| XIV.            | 5627,6                                                  | 3180,2                                                  | 4472,4                                                  | 4701,7                                                  | 5254,4                                                  |
| XV.             | 6192,6                                                  | 3278,8                                                  | 4888,6                                                  | 4938,7                                                  | 5944,7                                                  |
| XVI.            | 6283,3                                                  | 3446,6                                                  | 4749,4                                                  | 5130,1                                                  | 5732,6                                                  |
| XVII.           | 6496,0                                                  | 3266,5                                                  | 4926,8                                                  | 5447,7                                                  | 6092,6                                                  |
| XVIII.          | 6389,5                                                  | 3242,6                                                  | 4884,7                                                  | 5380,8                                                  | 5875,3                                                  |
| XIX.            | 6172,4                                                  | 3359,8                                                  | 4964,6                                                  | 5218,1                                                  | 6129,7                                                  |
| XX.             | 6063,0                                                  | 3173,5                                                  | 4905,7                                                  | 4895,4                                                  | 5873,7                                                  |
| Körner          |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |                                                         |
| XV.             | 1255,4                                                  | 698,2                                                   | 1165,7                                                  | 751,7                                                   | 1117,6                                                  |
| XVI.            | 1780,9                                                  | 839,4                                                   | 1414,5                                                  | 940,0                                                   | 1321,2                                                  |
| XVII.           | 1921,0                                                  | 858,2                                                   | 1574,8                                                  | 1311,4                                                  | 1670,0                                                  |
| XVIII.          | 2017,7                                                  | 821,2                                                   | 1585,7                                                  | 1361,1                                                  | 1895,3                                                  |
| XIX.            | 1911,8                                                  | 861,0                                                   | 1671,2                                                  | 1298,1                                                  | 1762,3                                                  |
| XX.             | 2084,4                                                  | 848,4                                                   | 1659,1                                                  | 1272,0                                                  | 1874,4                                                  |

Tabelle 17 : Zuwachsraten an Produkt bei Sommerweizen  
(mg/Pfl. und Tag) zwischen den einzelnen  
Ernten (1970)

| Ernte           | $N_3P_3K_3$<br>(Var.1) | $N_3P_3K_1$<br>(Var.2) | $N_3P_3K_2$<br>(Var.3) | $N_3K_3P_1$<br>(Var.4) | $N_3K_3P_2$<br>(Var.5) |
|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| gesamte Pflanze |                        |                        |                        |                        |                        |
| I.-II.          | 0,5                    | 0,4                    | 0,5                    | 0,6                    | 0,5                    |
| II.-III.        | 1,0                    | 1,1                    | 1,2                    | 1,3                    | 1,2                    |
| III.-IV.        | 1,0                    | 1,4                    | 1,3                    | 1,8                    | 1,9                    |
| IV.-V.          | 4,1                    | 2,4                    | 2,5                    | 1,4                    | 2,0                    |
| V.-VI.          | 12,5                   | 9,9                    | 10,7                   | 10,4                   | 12,1                   |
| VI.-VII.        | 25,2                   | 24,3                   | 22,8                   | 19,2                   | 20,6                   |
| VII.-VIII.      | 69,7                   | 51,6                   | 64,8                   | 53,2                   | 58,2                   |
| VIII.-IX.       | 125,1                  | 65,1                   | 79,7                   | 82,5                   | 134,3                  |
| IX.-X.          | 153,7                  | 86,0                   | 127,9                  | 142,2                  | 155,9                  |
| X.-XI.          | 204,8                  | 105,4                  | 134,1                  | 129,3                  | 146,5                  |
| XI.-XII.        | 43,3                   | 26,4                   | 52,3                   | 80,4                   | 94,1                   |
| XII.-XIII.      | 132,2                  | 56,2                   | 96,9                   | 71,4                   | 125,4                  |
| XIII.-XIV.      | 77,0                   | 52,4                   | 87,5                   | 136,7                  | 57,2                   |
| XIV.-XV.        | 94,2                   | 16,4                   | 69,4                   | 39,5                   | 115,1                  |
| XV.-XVI.        | 15,1                   | 28,0                   | -23,2                  | 31,9                   | -35,4                  |
| XVI.-XVII.      | 35,5                   | -30,0                  | 29,6                   | 52,9                   | 60,0                   |
| XVII.-XVIII.    | -17,8                  | -4,0                   | -7,0                   | -11,2                  | -36,2                  |
| XVIII.-XIX.     | -31,1                  | 16,7                   | 11,4                   | -23,2                  | 36,3                   |
| XIX.-XX.        | -13,7                  | -23,3                  | -7,4                   | -40,3                  | -32,0                  |

Tabelle 18: Die Syntheseleistung des Systems für System  
(in % pro Tag) im Verlauf der Vegetation in  
Abhängigkeit von der K- und P-Versorgung

| Ernte                         | $N_3P_3K_3$<br>(Var.1) | $N_3P_3K_1$<br>(Var.2) | $N_3P_3K_2$<br>(Var.3) | $N_3K_3P_1$<br>(Var.4) | $N_3K_3P_2$<br>(Var.5) |
|-------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| In vegetativen Pflanzenteilen |                        |                        |                        |                        |                        |
| I.-II.                        | 15,5                   | 16,4                   | 15,2                   | 14,2                   | 15,5                   |
| II.-III.                      | 13,6                   | 12,1                   | 11,9                   | 12,0                   | 12,1                   |
| III.-IV.                      | 28,6                   | 27,4                   | 29,0                   | 19,3                   | 27,0                   |
| IV.-V.                        | 16,0                   | 16,6                   | 16,6                   | 19,8                   | 18,1                   |
| V.-VI.                        | 26,7                   | 24,5                   | 24,0                   | 18,9                   | 19,9                   |
| VI.-VII.                      | 10,7                   | 6,8                    | 10,0                   | 10,0                   | 14,6                   |
| VII.-VIII.                    | 7,7                    | 5,3                    | 6,4                    | 9,0                    | 6,3                    |
| VIII.-IX.                     | 3,0                    | 3,1                    | 5,3                    | 2,8                    | 4,3                    |
| IX.-X.                        | 1,8                    | 2,0                    | 1,6                    | 2,1                    | 1,6                    |
| X.-XI.                        | -0,4                   | -0,7                   | -0,5                   | 1,6                    | -0,3                   |
| XI.-XII.                      | -0,3                   | 1,8                    | -1,2                   | -2,2                   | -1,4                   |
| XII.-XIII.                    | -0,3                   | -1,6                   | 0,3                    | 0,1                    | 0,3                    |
| XIII.-XIV.                    | -1,0                   | 1,9                    | -0,4                   | -0,4                   | -0,7                   |
| XIV.-XV.                      | -7,0                   | -6,1                   | -6,3                   | -6,0                   | -6,6                   |
| XV.-XVI.                      | -1,9                   | -0,9                   | -3,2                   | -3,3                   | -2,5                   |
| XVI.-XVII.                    | -2,4                   | -3,4                   | -0,6                   | -1,9                   | -3,8                   |
| XVII.-XVIII.                  | -3,8                   | -0,6                   | -1,7                   | -3,8                   | -2,5                   |
| XVIII.-XIX.                   | 0,5                    | 0,9                    | 0,2                    | -0,1                   | 0,6                    |
| XIX.-XX.                      | -0,7                   | -0,8                   | -1,6                   | -0,2                   | -1,2                   |

Tabelle 19: Die Syntheseleistung des Systems für Produkt  
(in % pro Tag) im Verlauf der Vegetation in  
Abhängigkeit von der K- und P-Versorgung (1970)

| Ernte           | $N_3P_3K_3$<br>(Var.1) | $N_3P_3K_1$<br>(Var.2) | $N_3P_3K_2$<br>(Var.3) | $N_3K_3P_1$<br>(Var.4) | $N_3K_3P_2$<br>(Var.5) |
|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| gesamte Pflanze |                        |                        |                        |                        |                        |
| I.-II.          | 4,9                    | 3,6                    | 4,8                    | 5,8                    | 4,9                    |
| II.-III.        | 5,5                    | 6,2                    | 7,0                    | 7,5                    | 7,1                    |
| III.-IV.        | 3,0                    | 4,5                    | 4,1                    | 6,2                    | 6,3                    |
| IV.-V.          | 6,1                    | 3,7                    | 3,8                    | 2,6                    | 3,3                    |
| V.-VI.          | 9,4                    | 7,5                    | 8,2                    | 9,1                    | 9,3                    |
| VI.-VII.        | 8,1                    | 8,3                    | 8,0                    | 8,6                    | 7,9                    |
| VII.-VIII.      | 12,8                   | 12,0                   | 13,3                   | 14,1                   | 11,1                   |
| VIII.-IX.       | 15,0                   | 11,0                   | 11,3                   | 13,4                   | 17,7                   |
| IX.-X.          | 15,6                   | 12,3                   | 13,8                   | 19,7                   | 16,4                   |
| X.-XI.          | 18,5                   | 13,2                   | 13,0                   | 15,7                   | 13,8                   |
| XI.-XII.        | 4,0                    | 3,5                    | 5,3                    | 8,7                    | 9,1                    |
| XII.-XIII.      | 12,5                   | 6,8                    | 10,4                   | 8,7                    | 13,0                   |
| XIII.-XIV.      | 7,4                    | 7,1                    | 9,2                    | 16,7                   | 5,8                    |
| XIV.-XV.        | 9,7                    | 2,0                    | 7,5                    | 4,9                    | 12,2                   |
| XV.-XVI.        | 2,7                    | 5,4                    | -4,0                   | 6,2                    | -6,2                   |
| XVI.-XVII.      | 7,1                    | -6,1                   | 6,4                    | 12,9                   | 12,3                   |
| XVII.-XVIII.    | -4,2                   | -1,0                   | -1,6                   | -3,1                   | -9,6                   |
| XVIII.-XIX.     | -9,4                   | 4,4                    | 2,8                    | -8,3                   | 11,4                   |
| XIX.-XX.        | -4,0                   | -5,8                   | -1,8                   | -14,4                  | -9,6                   |

Tabelle 20 : Die P-Aufnahmeleistung des Systems in % der vorhandenen Systemmenge pro Pflanze und Tag in Abhängigkeit von der K-Versorgung (1970)

| Ernte        | $N_3P_3K_3$<br>(Var.1) | $N_3P_3K_1$<br>(Var.2) | $N_3P_3K_2$<br>(Var.3) |
|--------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| I.-II.       | 0,31                   | 0,30                   | 0,30                   |
| II.-III.     | 0,23                   | 0,16                   | 0,11                   |
| III.-IV.     | 0,35                   | 0,35                   | 0,36                   |
| IV.-V.       | 0,31                   | 0,38                   | 0,35                   |
| V.-VI.       | 0,29                   | 0,27                   | 0,26                   |
| VI.-VII.     | 0,11                   | 0,10                   | 0,11                   |
| VII.-VIII.   | 0,06                   | 0,06                   | 0,06                   |
| VIII.-IX.    | 0,04                   | 0,05                   | 0,04                   |
| IX.-X.       | -0,01                  | 0,01                   | -0,01                  |
| X.-XI.       | 0,04                   | 0,03                   | 0,03                   |
| XI.-XII.     | -0,01                  | 0,06                   | 0,02                   |
| XII.-XIII.   | 0,01                   | -0,04                  | 0,01                   |
| XIII.-XIV.   | -0,03                  | 0,02                   | 0,02                   |
| XIV.-XV.     | 0,02                   | 0,02                   | -0,01                  |
| XV.-XVI.     | 0,01                   | 0,03                   | -0,06                  |
| XVI.-XVII.   | -0,01                  | -0,01                  | 0,03                   |
| XVII.-XVIII. | 0,01                   | 0,01                   | -0,01                  |
| XVIII.-XIX.  | -0,05                  | 0,02                   | 0,03                   |
| XIX.-XX.     | 0,03                   | -0,03                  | -0,01                  |

Tabelle 21: Die K-Aufnahmeleistung des Systems in % der vorhandenen Systemmenge pro Pflanze und Tag in Abhängigkeit von der P-Versorgung (1970)

| Ernte        | $N_3K_3P_3$<br>(Var.1) | $N_3K_3P_1$<br>(Var.4) | $N_3K_3P_2$<br>(Var.5) |
|--------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| I.-II.       | 1,22                   | 1,20                   | 1,22                   |
| II.-III.     | 0,69                   | 0,47                   | 0,57                   |
| III.-IV.     | 1,42                   | 1,02                   | 1,33                   |
| IV.-V.       | 1,15                   | 1,09                   | 1,12                   |
| V.-VI.       | 1,81                   | 1,23                   | 1,47                   |
| VI.-VII.     | 0,97                   | 0,84                   | 1,10                   |
| VII.-VIII.   | 0,69                   | 0,90                   | 0,73                   |
| VIII.-IX.    | 0,29                   | 0,46                   | 0,37                   |
| IX.-X.       | 0,08                   | 0,31                   | 0,15                   |
| X.-XI.       | 0,02                   | 0,03                   | -0,06                  |
| XI.-XII.     | 0,04                   | -0,18                  | -0,05                  |
| XII.-XIII.   | -0,23                  | -0,06                  | -0,17                  |
| XIII.-XIV.   | 0,03                   | -0,03                  | -0,04                  |
| XIV.-XV.     | -0,04                  | -0,05                  | 0,01                   |
| XV.-XVI.     | -0,18                  | -0,20                  | -0,22                  |
| XVI.-XVII.   | -0,05                  | -0,27                  | -0,20                  |
| XVII.-XVIII. | -0,01                  | 0,14                   | 0,14                   |
| XVIII.-XIX.  | -0,13                  | -0,04                  | 0,10                   |
| XIX.-XX.     | -0,42                  | -0,48                  | -0,60                  |

Tabelle 22: Frischgewichte von Sommerweizen (g/Pfl.) im Verlauf der Vegetation in Abhängigkeit von der Kupferversorgung (1970)

| Ernte           | 50 mg Cu<br>(Var.1) | 0 mg Cu<br>(Var.2) | 5 mg Cu<br>(Var.3) |
|-----------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| gesamte Pflanze |                     |                    |                    |
| I.              | 0,1                 | 0,1                | 0,1                |
| II.             | 0,2                 | 0,3                | 0,2                |
| III.            | 0,6                 | 0,5                | 0,5                |
| IV.             | 2,3                 | 2,4                | 2,3                |
| V.              | 7,1                 | 6,7                | 6,8                |
| VI.             | 8,9                 | 9,6                | 9,2                |
| VII.            | 11,3                | 12,0               | 11,9               |
| VIII.           | 14,1                | 12,5               | 13,7               |
| IX.             | 15,2                | 14,4               | 14,2               |
| X.              | 16,2                | 16,1               | 16,7               |
| XI.             | 16,8                | 15,2               | 17,0               |
| XII.            | 16,9                | 15,8               | 16,1               |
| XIII.           | 17,2                | 14,5               | 15,6               |
| XIV.            | 17,9                | 15,2               | 15,5               |
| XV.             | 17,2                | 17,0               | 15,6               |
| XVI.            | 14,5                | 14,0               | 15,6               |
| XVII.           | 12,6                | 10,7               | 12,3               |
| XVIII.          | 9,9                 | 9,3                | 9,3                |
| XIX.            | 8,6                 | 7,7                | 8,0                |
| XX.             | 7,3                 | 7,0                | 7,5                |
| Stroh           |                     |                    |                    |
| XV.             | 11,9                | 11,0               | 10,9               |
| XVI.            | 9,3                 | 9,3                | 10,3               |
| XVII.           | 7,2                 | 6,3                | 7,1                |
| XVIII.          | 5,3                 | 5,3                | 5,2                |
| XIX.            | 4,9                 | 4,4                | 4,3                |
| XX.             | 3,9                 | 3,9                | 4,1                |
| Ähren           |                     |                    |                    |
| XV.             | 5,4                 | 4,4                | 4,7                |
| XVI.            | 5,2                 | 4,7                | 5,3                |
| XVII.           | 5,4                 | 4,5                | 5,7                |
| XVIII.          | 4,6                 | 4,0                | 4,1                |
| XIX.            | 3,8                 | 3,3                | 3,6                |
| XX.             | 3,4                 | 3,2                | 3,4                |

Tabelle 23: Trockengewichte von Sommerweizen (g/Pfl.)  
im Verlauf der Vegetation in Abhängigkeit von  
der Kupferversorgung (1971)

| Ernte           | 50 mg Cu<br>(Var.1) | 0 mg Cu<br>(Var.2) | 5 mg Cu<br>(Var.3) |
|-----------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| gesamte Pflanze |                     |                    |                    |
| I.              | 0,02                | 0,02               | 0,02               |
| II.             | 0,03                | 0,04               | 0,03               |
| III.            | 0,08                | 0,08               | 0,08               |
| IV.             | 0,28                | 0,28               | 0,28               |
| V.              | 0,83                | 0,77               | 0,79               |
| VI.             | 0,99                | 1,04               | 1,00               |
| VII.            | 1,84                | 1,93               | 1,91               |
| VIII.           | 2,59                | 2,27               | 2,52               |
| IX.             | 3,14                | 2,86               | 2,96               |
| X.              | 3,42                | 3,36               | 3,55               |
| XI.             | 4,57                | 3,96               | 4,44               |
| XII.            | 5,13                | 4,47               | 4,84               |
| XIII.           | 6,08                | 5,20               | 5,51               |
| XIV.            | 6,70                | 5,59               | 5,95               |
| XV.             | 7,03                | 6,11               | 6,20               |
| XVI.            | 6,68                | 5,88               | 6,48               |
| XVII.           | 6,66                | 6,00               | 6,34               |
| XVIII.          | 6,70                | 6,23               | 6,50               |
| XIX.            | 6,77                | 6,04               | 6,38               |
| XX.             | 6,89                | 6,20               | 6,41               |
| Stroh + Spreu   |                     |                    |                    |
| XV.             | 5,62                | 4,97               | 4,95               |
| XVI.            | 4,75                | 4,36               | 4,67               |
| XVIII.          | 4,14                | 4,03               | 4,15               |
| XVII.           | 4,22                | 4,10               | 4,10               |
| XIX.            | 4,23                | 3,87               | 3,91               |
| XX.             | 4,31                | 3,98               | 3,95               |
| Körner          |                     |                    |                    |
| XV.             | 1,41                | 1,14               | 1,25               |
| XVI.            | 1,93                | 1,52               | 1,81               |
| XVII.           | 2,44                | 1,90               | 2,24               |
| XVIII.          | 2,56                | 2,20               | 2,35               |
| XIX.            | 2,54                | 2,17               | 2,47               |
| XX.             | 2,58                | 2,22               | 2,46               |

Tabelle 24: Rohproteingehalte (in % der Trockensubstanz)  
bei Sommerweizen im Verlauf der Vegetation in  
Abhängigkeit von der Kupferversorgung (1971)

| Ernte           | 50 mg Cu<br>(Var.1) | 0 mg Cu<br>(Var.2) | 5 mg Cu<br>(Var.3) |
|-----------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| gesamte Pflanze |                     |                    |                    |
| I.              | 37,7                | 38,7               | 38,4               |
| II.             | 36,3                | 36,8               | 36,2               |
| III.            | 35,7                | 36,3               | 36,2               |
| IV.             | 36,3                | 36,4               | 36,3               |
| V.              | 34,7                | 34,6               | 35,0               |
| VI.             | 30,0                | 29,3               | 31,5               |
| VII.            | 16,7                | 17,5               | 17,2               |
| VIII.           | 12,6                | 13,5               | 12,8               |
| IX.             | 13,1                | 13,8               | 13,4               |
| X.              | 11,6                | 12,4               | 11,5               |
| XI.             | 9,9                 | 10,6               | 10,0               |
| XII.            | 8,6                 | 9,6                | 9,0                |
| XIII.           | 7,6                 | 8,8                | 8,4                |
| XIV.            | 6,6                 | 7,5                | 7,3                |
| XV.             | 6,3                 | 7,0                | 6,8                |
| XVI.            | 6,7                 | 7,1                | 6,7                |
| XVII.           | 6,9                 | 7,1                | 6,8                |
| XVIII.          | 6,8                 | 7,2                | 7,0                |
| XIX.            | 6,8                 | 7,3                | 7,0                |
| XX.             | 6,7                 | 7,1                | 6,8                |
| Stroh + Spreu   |                     |                    |                    |
| XV.             | 4,5                 | 5,4                | 5,1                |
| XVI.            | 4,1                 | 4,9                | 4,5                |
| XVII.           | 4,0                 | 4,4                | 3,5                |
| XVIII.          | 3,2                 | 4,0                | 3,6                |
| XIX.            | 3,2                 | 3,8                | 3,4                |
| XX.             | 3,2                 | 3,7                | 3,4                |
| Körner          |                     |                    |                    |
| XV.             | 13,3                | 13,9               | 13,4               |
| XVI.            | 12,8                | 13,4               | 12,5               |
| XVII.           | 12,0                | 12,9               | 12,7               |
| XVIII.          | 12,5                | 13,1               | 12,8               |
| XIX.            | 12,7                | 13,5               | 12,7               |
| XX.             | 12,8                | 13,2               | 12,8               |

Tabelle 25: Reinproteingehalte (in % der Trockensubstanz)  
bei Sommerweizen im Verlauf der Vegetation in  
Abhängigkeit von der Kupferversorgung (1971)

| Ernte           | 50 mg Cu<br>(Var.1) | 0 mg Cu<br>(Var.2) | 5 mg Cu<br>(Var.3) |
|-----------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| gesamte Pflanze |                     |                    |                    |
| I.              | 29,2                | 29,9               | 29,5               |
| II.             | 27,9                | 28,5               | 28,4               |
| III.            | 27,5                | 27,9               | 28,1               |
| IV.             | 27,4                | 27,2               | 27,8               |
| V.              | 22,9                | 21,6               | 23,6               |
| VI.             | 21,4                | 20,5               | 22,4               |
| VII.            | 13,5                | 13,4               | 13,6               |
| VIII.           | 11,1                | 11,2               | 11,2               |
| IX.             | 10,8                | 11,0               | 10,9               |
| X.              | 9,5                 | 9,8                | 9,5                |
| XI.             | 8,6                 | 9,7                | 8,9                |
| XII.            | 7,7                 | 8,4                | 7,9                |
| XIII.           | 6,9                 | 7,5                | 7,2                |
| XIV.            | 6,5                 | 7,0                | 7,0                |
| XV.             | 6,0                 | 6,7                | 6,6                |
| XVI.            | 6,1                 | 7,1                | 6,5                |
| XVII.           | 6,6                 | 6,8                | 6,6                |
| XVIII.          | 6,8                 | 7,1                | 6,8                |
| XIX.            | 6,7                 | 7,2                | 7,0                |
| XX.             | 6,7                 | 6,9                | 6,7                |
| Stroh + Spreu   |                     |                    |                    |
| XV.             | 4,5                 | 5,4                | 5,1                |
| XVI.            | 3,7                 | 4,7                | 4,5                |
| XVII.           | 3,6                 | 4,1                | 3,4                |
| XVIII.          | 3,2                 | 3,9                | 3,4                |
| XIX.            | 3,2                 | 3,8                | 3,4                |
| XX.             | 3,2                 | 3,6                | 3,3                |
| Körner          |                     |                    |                    |
| XV.             | 11,8                | 12,4               | 12,4               |
| XVI.            | 12,0                | 12,7               | 11,8               |
| XVII.           | 11,8                | 12,7               | 12,4               |
| XVIII.          | 12,4                | 13,1               | 12,6               |
| XIX.            | 12,6                | 13,2               | 12,5               |
| XX.             | 12,4                | 12,8               | 12,5               |

Tabelle 26: Anteil des Reinproteins am Rohprotein (in %) bei Sommerweizen im Verlauf der Vegetation bei unterschiedlicher Kupferversorgung (1971)

| Ernte           | 50 mg Cu<br>(Var.1) | 0 mg Cu<br>(Var.2) | 5 mg Cu<br>(Var.3) |
|-----------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| gesamte Pflanze |                     |                    |                    |
| I.              | 77,3                | 77,2               | 76,9               |
| II.             | 76,8                | 77,5               | 78,4               |
| III.            | 77,0                | 77,0               | 77,4               |
| IV.             | 75,0                | 74,8               | 76,5               |
| V.              | 65,9                | 62,3               | 67,6               |
| VI.             | 71,3                | 69,8               | 71,0               |
| VII.            | 80,6                | 76,5               | 78,9               |
| VIII.           | 88,0                | 82,8               | 87,4               |
| IX.             | 83,1                | 79,6               | 81,1               |
| X.              | 82,5                | 79,0               | 82,2               |
| XI.             | 87,2                | 91,1               | 89,2               |
| XII.            | 89,3                | 87,1               | 88,2               |
| XIII.           | 90,9                | 85,3               | 85,8               |
| XIV.            | 97,7                | 94,4               | 95,6               |
| XV.             | 96,3                | 96,0               | 97,4               |
| XVI.            | 91,6                | 99,6               | 96,6               |
| XVII.           | 95,2                | 96,0               | 97,6               |
| XVIII.          | 100,0               | 99,2               | 97,9               |
| XIX.            | 98,8                | 98,1               | 99,1               |
| XX.             | 100,0               | 97,5               | 99,3               |
| Stroh + Spreu   |                     |                    |                    |
| XV.             | 100,0               | 99,6               | 99,4               |
| XVI.            | 88,4                | 95,9               | 99,6               |
| XVII.           | 89,1                | 93,0               | 98,3               |
| XVIII.          | 99,4                | 97,7               | 96,6               |
| XIX.            | 99,1                | 99,5               | 99,1               |
| XX.             | 98,1                | 97,6               | 98,2               |
| Körner          |                     |                    |                    |
| XV.             | 88,5                | 88,7               | 92,4               |
| XVI.            | 94,0                | 94,9               | 94,0               |
| XVII.           | 98,6                | 98,5               | 97,4               |
| XVIII.          | 99,4                | 99,7               | 98,5               |
| XIX.            | 98,7                | 97,5               | 98,3               |
| XX.             | 97,2                | 97,3               | 97,8               |

Tabelle 27 : Rohproteinerträge (mg/Pfl.) bei Sommerweizen  
im Verlauf der Vegetation in Abhängigkeit von  
der Kupferversorgung (1971)

| Ernte           | 50 mg Cu<br>(Var.1) | 0 mg Cu<br>(Var.2) | 5 mg Cu<br>(Var.3) |
|-----------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| gesamte Pflanze |                     |                    |                    |
| I.              | 7,5                 | 7,7                | 7,7                |
| II.             | 10,9                | 14,7               | 10,9               |
| III.            | 28,6                | 29,0               | 29,0               |
| IV.             | 101,6               | 101,8              | 101,6              |
| V.              | 288,3               | 266,4              | 276,1              |
| VI.             | 295,8               | 303,4              | 315,2              |
| VII.            | 307,5               | 334,2              | 327,7              |
| VIII.           | 325,8               | 304,0              | 321,0              |
| IX.             | 408,6               | 394,6              | 396,9              |
| X.              | 394,3               | 413,9              | 409,2              |
| XI.             | 449,1               | 420,2              | 443,2              |
| XII.            | 439,6               | 428,9              | 434,4              |
| XIII.           | 461,2               | 454,8              | 464,5              |
| XIV.            | 442,6               | 415,4              | 434,9              |
| XV.             | 440,5               | 426,0              | 421,1              |
| XVI.            | 446,2               | 415,7              | 435,5              |
| XVII.           | 462,2               | 424,2              | 426,8              |
| XVIII.          | 452,5               | 447,9              | 454,4              |
| XIX.            | 458,7               | 439,7              | 447,4              |
| XX.             | 461,9               | 441,5              | 444,9              |
| Stroh + Spreu   |                     |                    |                    |
| XV.             | 252,5               | 268,5              | 253,5              |
| XVI.            | 196,7               | 213,2              | 209,0              |
| XVII.           | 170,5               | 179,9              | 142,7              |
| XVIII.          | 133,1               | 159,8              | 147,7              |
| XIX.            | 136,0               | 145,9              | 134,3              |
| XX.             | 138,3               | 148,5              | 132,7              |
| Körner          |                     |                    |                    |
| XV.             | 188,0               | 157,5              | 167,6              |
| XVI.            | 246,8               | 202,6              | 226,4              |
| XVII.           | 291,6               | 244,3              | 284,1              |
| XVIII.          | 319,4               | 288,0              | 300,3              |
| XIX.            | 322,6               | 293,8              | 313,1              |
| XX.             | 323,6               | 293,0              | 312,2              |

Tabelle 28 : Reinproteinerträge (mg/Pfl.) bei Sommerweizen  
im Verlauf der Vegetation in Abhängigkeit von  
der Kupferversorgung (1971)

| Ernte           | 50 mg Cu<br>(Var.1) | 0 mg Cu<br>(Var.2) | 5 mg Cu<br>(Var.3) |
|-----------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| gesamte Pflanze |                     |                    |                    |
| I.              | 5,8                 | 6,0                | 5,9                |
| II.             | 8,4                 | 11,4               | 8,5                |
| III.            | 22,0                | 22,3               | 22,4               |
| IV.             | 76,7                | 76,2               | 77,7               |
| V.              | 190,0               | 165,9              | 186,6              |
| VI.             | 210,9               | 211,9              | 224,0              |
| VII.            | 247,8               | 256,0              | 258,7              |
| VIII.           | 286,6               | 252,2              | 280,8              |
| IX.             | 339,4               | 314,4              | 321,8              |
| X.              | 325,5               | 327,6              | 336,5              |
| XI.             | 391,7               | 383,4              | 395,1              |
| XII.            | 392,9               | 373,8              | 383,2              |
| XIII.           | 419,9               | 387,5              | 398,8              |
| XIV.            | 432,9               | 392,1              | 416,2              |
| XV.             | 424,1               | 409,8              | 410,2              |
| XVI.            | 408,8               | 413,7              | 420,5              |
| XVII.           | 440,2               | 408,0              | 417,1              |
| XVIII.          | 452,5               | 443,6              | 444,6              |
| XIX.            | 453,6               | 431,3              | 443,4              |
| XX.             | 461,3               | 429,8              | 441,3              |
| Stroh + Spreu   |                     |                    |                    |
| XV.             | 257,8               | 269,9              | 255,3              |
| XVI.            | 173,9               | 221,4              | 207,6              |
| XVII.           | 151,9               | 167,3              | 140,2              |
| XVIII.          | 134,8               | 156,3              | 142,8              |
| XIX.            | 134,8               | 144,9              | 135,5              |
| XX.             | 146,8               | 144,9              | 135,9              |
| Körner          |                     |                    |                    |
| XV.             | 166,3               | 139,9              | 154,9              |
| XVI.            | 232,0               | 192,3              | 213,0              |
| XVII.           | 287,4               | 240,7              | 276,9              |
| XVIII.          | 317,7               | 287,2              | 295,9              |
| XIX.            | 318,7               | 286,4              | 307,9              |
| XX.             | 314,5               | 284,9              | 305,4              |

Tabelle 29: Kupfergehalte bei Sommerweizen (ppm abs.tr.)  
im Verlauf der Vegetation in Abhängigkeit von  
der Kupferversorgung (1971)

| Ernte           | 50 mg Cu<br>(Var.1) | 0 mg Cu<br>(Var.2) | 5 mg Cu<br>(Var.3) |
|-----------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| gesamte Pflanze |                     |                    |                    |
| I.              | 17,85               | 12,60              | 13,75              |
| II.             | 16,15               | 12,30              | 13,35              |
| III.            | 14,80               | 10,85              | 11,30              |
| IV.             | 17,10               | 12,30              | 13,60              |
| V.              | 14,20               | 9,00               | 9,45               |
| VI.             | 12,15               | 7,30               | 8,50               |
| VII.            | 8,05                | 4,45               | 5,40               |
| VIII.           | 6,50                | 3,75               | 4,10               |
| IX.             | 6,40                | 3,40               | 3,85               |
| X.              | 5,70                | 3,35               | 3,90               |
| XI.             | 5,40                | 3,10               | 3,40               |
| XII.            | 4,85                | 3,15               | 3,05               |
| XIII.           | 5,30                | 2,65               | 3,30               |
| XIV.            | 5,10                | 3,20               | 3,90               |
| XV.             | 6,55                | 4,25               | 4,70               |
| XVI.            | 5,10                | 4,75               | 4,00               |
| XVII.           | 5,50                | 3,25               | 3,85               |
| XVIII.          | 5,30                | 3,60               | 3,95               |
| XIX.            | 5,40                | 3,50               | 3,75               |
| XX.             | 5,40                | 3,45               | 3,75               |
| Stroh + Spreu   |                     |                    |                    |
| XV.             | 6,40                | 4,50               | 5,10               |
| XVII.           | 5,10                | 3,60               | 4,00               |
| XVI.            | 4,85                | 5,70               | 4,45               |
| XVIII.          | 4,90                | 4,05               | 4,15               |
| XIX.            | 4,95                | 3,85               | 3,95               |
| XX.             | 5,05                | 3,80               | 4,15               |
| Körner          |                     |                    |                    |
| XV.             | 7,40                | 3,15               | 3,30               |
| XVI.            | 5,80                | 2,15               | 2,90               |
| XVII.           | 6,25                | 2,55               | 3,55               |
| XVIII.          | 6,05                | 2,85               | 3,60               |
| XIX.            | 6,25                | 3,00               | 3,50               |
| XX.             | 6,15                | 3,00               | 3,15               |

Tabelle 30: Kupferentzug bei Sommerweizen (8/Pfl.) im Verlauf der Vegetation in Abhängigkeit von der Kupferversorgung (1971)

| Ernte           | 50 mg Cu<br>(Var.1) | 0 mg Cu<br>(Var.2) | 5 mg Cu<br>(Var.3) |
|-----------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| gesamte Pflanze |                     |                    |                    |
| I.              | 0,35                | 0,25               | 0,25               |
| II.             | 0,45                | 0,45               | 0,40               |
| III.            | 1,15                | 0,85               | 0,90               |
| IV.             | 4,74                | 3,40               | 3,80               |
| V.              | 11,75               | 6,90               | 7,45               |
| VI.             | 11,95               | 7,50               | 8,50               |
| VII.            | 14,80               | 8,45               | 10,30              |
| VIII.           | 16,75               | 8,45               | 10,30              |
| IX.             | 20,00               | 9,70               | 11,35              |
| X.              | 19,40               | 11,25              | 13,80              |
| XI.             | 24,60               | 12,15              | 14,95              |
| XII.            | 24,85               | 14,05              | 14,65              |
| XIII.           | 32,10               | 13,75              | 18,00              |
| XIV.            | 34,15               | 17,85              | 23,00              |
| XV.             | 46,35               | 25,90              | 29,35              |
| XVI.            | 34,07               | 27,90              | 25,95              |
| XVII.           | 36,63               | 19,55              | 24,25              |
| XVIII.          | 35,55               | 22,45              | 25,68              |
| XIX.            | 36,65               | 21,30              | 24,05              |
| XX.             | 36,95               | 21,39              | 24,04              |
| Stroh + Spreu   |                     |                    |                    |
| XV.             | 35,95               | 22,40              | 25,25              |
| XVI.            | 23,04               | 24,70              | 20,75              |
| XVII.           | 21,52               | 14,70              | 16,40              |
| XVIII.          | 20,15               | 16,20              | 17,22              |
| XIX.            | 20,85               | 14,80              | 15,45              |
| XX.             | 21,75               | 15,12              | 16,39              |
| Körner          |                     |                    |                    |
| XV.             | 10,40               | 3,55               | 4,10               |
| XVI.            | 11,19               | 3,20               | 5,25               |
| XVII.           | 15,25               | 4,85               | 7,90               |
| XVIII.          | 15,40               | 6,25               | 8,46               |
| XIX.            | 15,80               | 6,45               | 8,60               |
| XX.             | 15,10               | 6,60               | 7,70               |

Tabelle 31: Witterungsdaten (1971)

a) Niederschläge (mm/Dekade)

| Monat | Dek.      | Monat | Dek.      | Monat | Dek.      |
|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|
| April | I. 3,0    | Mai   | I. 0,0    | Juni  | I. 19,2   |
|       | II. 1,1   |       | II. 20,9  |       | II. 63,8  |
|       | III. 27,0 |       | III. 35,8 |       | III. 25,8 |
| Juli  | I. 0,0    | Aug.  | I. 17,0   | Sept. | I. 2,5    |
|       | II. 0,4   |       | II. 7,9   |       | II. 2,0   |
|       | III. 13,9 |       | III. 34,4 |       | III. 12,7 |

b) Temperatur (Dekadenmittel in °C)

| Monat | Dek.Mitt. | Monat | Dek.Mitt. | Monat | Dek.Mitt. |
|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|
| April | I. 9,1    | Mai   | I. 12,5   | Juni  | I. 16,7   |
|       | II. 9,4   |       | II. 18,0  |       | II. 12,4  |
|       | III. 8,8  |       | III. 13,6 |       | III. 13,8 |
| Juli  | I. 19,0   | Aug.  | I. 19,1   | Sept. | I. 14,2   |
|       | II. 16,7  |       | II. 18,9  |       | II. 11,0  |
|       | III. 19,9 |       | III. 15,8 |       | III. 12,7 |

Tabelle 32: Zuwachsraten an Trockenmasse bei Sommerweizen  
(mg/Pfl. und Tag) zwischen den einzelnen  
Ernten (1971)

| Ernte           | 50 mg Cu<br>(Var.1) | 0 mg Cu<br>(Var.2) | 5 mg Cu<br>(Var.3) |
|-----------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| gesamte Pflanze |                     |                    |                    |
| I.-II.          | 1,43                | 2,85               | 1,43               |
| II.-III.        | 7,14                | 5,71               | 7,14               |
| III.-IV.        | 28,57               | 28,57              | 28,57              |
| IV.-V.          | 78,57               | 70,00              | 72,86              |
| V.-VI.          | 26,67               | 45,00              | 35,00              |
| VI.-VII.        | 141,67              | 148,33             | 151,67             |
| VII.-VIII.      | 125,00              | 56,67              | 101,67             |
| VIII.-IX.       | 91,67               | 98,33              | 73,33              |
| IX.-X.          | 46,67               | 83,33              | 98,33              |
| X.-XI.          | 191,67              | 100,00             | 148,33             |
| XI.-XII.        | 93,33               | 85,00              | 66,67              |
| XII.-XIII.      | 148,33              | 121,67             | 111,67             |
| XIII.-XIV.      | 103,33              | 65,00              | 73,33              |
| XIV.-XV.        | 55,00               | 86,67              | 41,67              |
| XV.-XVI.        | -58,33              | -38,33             | 46,67              |
| XVI.-XVII.      | -2,86               | 17,14              | -20,00             |
| XVII.-XVIII.    | 8,00                | 46,00              | 32,00              |
| XVIII.-XIX.     | 11,67               | -31,67             | -20,00             |
| XIX.-XX.        | 20,00               | 26,67              | 5,00               |
| Stroh + Spreu   |                     |                    |                    |
| XV.-XVI.        | -145,00             | -101,67            | -46,67             |
| XVI.-XVII.      | -75,71              | -37,14             | -81,43             |
| XVII.-XVIII.    | -16,00              | -14,00             | 10,00              |
| XVIII.-XIX.     | 15,00               | -26,67             | -40,00             |
| XIX.-XX.        | 13,33               | 18,33              | 6,67               |
| Körner          |                     |                    |                    |
| XV.-XVI.        | 86,67               | 63,33              | 93,33              |
| XVI.-XVII.      | 72,86               | 54,29              | 61,43              |
| XVII.-XVIII.    | 24,00               | 60,00              | 22,00              |
| XVIII.-XIX.     | -3,33               | -5,00              | 20,00              |
| XIX.-XX.        | 6,67                | 8,33               | -1,67              |

Tabelle 33: Systemmengen bei Sommerweizen (mg/Pfl.) im Verlauf der Vegetation in Abhängigkeit von der Cu-Versorgung (1971)

| Ernte                           | 50 mg Cu<br>(Var.1) | 0 mg Cu<br>(Var.2) | 5 mg Cu<br>(Var.3) |
|---------------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| lebendes System                 |                     |                    |                    |
| I.                              | 19,7                | 20,0               | 20,0               |
| II.                             | 28,6                | 38,8               | 28,9               |
| III.                            | 74,8                | 75,8               | 76,2               |
| IV.                             | 260,8               | 259,1              | 264,2              |
| V.                              | 646,0               | 564,1              | 634,4              |
| VI.                             | 717,1               | 720,5              | 761,6              |
| VII.                            | 842,5               | 870,4              | 879,6              |
| VIII.                           | 974,4               | 857,5              | 954,7              |
| IX.                             | 1154,0              | 1069,0             | 1094,1             |
| X.                              | 1106,7              | 1113,8             | 1144,1             |
| XI.                             | 1331,8              | 1303,6             | 1343,3             |
| XII.                            | 1335,9              | 1270,9             | 1302,9             |
| XIII.                           | 1427,7              | 1317,5             | 1355,9             |
| XIV.                            | 1471,9              | 1333,1             | 1415,1             |
| XV.                             | 876,5               | 917,7              | 868,0              |
| XVI.                            | 591,3               | 752,8              | 705,8              |
| XVII.                           | 516,5               | 568,8              | 476,7              |
| XVIII.                          | 458,3               | 531,4              | 485,5              |
| XIX.                            | 458,3               | 492,7              | 460,7              |
| XX.                             | 499,1               | 492,7              | 462,1              |
| ruhendes System (Reservesystem) |                     |                    |                    |
| XV.                             | 565,4               | 475,7              | 526,7              |
| XVI.                            | 788,8               | 653,8              | 724,2              |
| XVII.                           | 977,2               | 818,4              | 941,5              |
| XVIII.                          | 1080,2              | 976,5              | 1006,1             |
| XIX.                            | 1083,6              | 973,8              | 1046,9             |
| XX.                             | 1070,1              | 968,7              | 1038,4             |

Tabelle 34 : Zuwachsraten an lebendem und ruhendem System  
bei Sommerweizen (mg/Pfl. und Tag) zwischen  
den einzelnen Ernten (1971)

| Ernte                           | 50 mg Cu<br>(Var.1) | 0 mg Cu<br>(Var.2) | 5 mg Cu<br>(Var.3) |
|---------------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| lebendes System                 |                     |                    |                    |
| I.-II.                          | 1,3                 | 2,6                | 1,3                |
| II.-III.                        | 6,6                 | 5,3                | 6,8                |
| III.-IV.                        | 26,6                | 26,2               | 26,9               |
| IV.-V.                          | 55,0                | 43,6               | 52,9               |
| V.-VI.                          | 11,9                | 26,1               | 21,2               |
| VI.-VII.                        | 20,9                | 25,0               | 19,7               |
| VII.-VIII.                      | 22,0                | -2,2               | 12,5               |
| VIII.-IX.                       | 29,9                | 35,3               | 23,2               |
| IX.-X.                          | -7,9                | 7,5                | 8,3                |
| X.-XI.                          | 37,5                | 31,5               | 33,2               |
| XI.-XII.                        | 0,7                 | -5,5               | -6,7               |
| XII.-XIII.                      | 15,3                | 7,8                | 8,8                |
| XIII.-XIV.                      | 7,4                 | 2,6                | 9,9                |
| XIV.-XV.                        | -99,2               | -69,2              | -91,2              |
| XV.-XVI.                        | -47,5               | -27,0              | -27,0              |
| XVI.-XVII.                      | 10,7                | -26,3              | -32,7              |
| XVII.-XVIII.                    | -11,6               | -7,5               | 1,8                |
| XVIII.-XIX.                     | 0,0                 | -6,5               | -4,1               |
| XIX.-XX.                        | 6,8                 | 0,0                | 0,2                |
| ruhendes System (Reservesystem) |                     |                    |                    |
| XV.-XVI.                        | 37,2                | 29,7               | 32,9               |
| XVI.-XVII.                      | 26,9                | 23,5               | 31,0               |
| XVII.-XVIII.                    | 20,6                | 31,6               | 12,9               |
| XVIII.-XIX.                     | 0,6                 | -0,4               | 6,8                |
| XIX.-XX.                        | -2,3                | -0,9               | -1,4               |

Tabelle 35: Produktmengen bei Sommerweizen (mg/Pfl.) im Verlauf der Vegetation in Abhängigkeit von der Cu-Versorgung (1971)

| Ernte           | 50 mg Cu<br>(Var.1) | 0 mg Cu<br>(Var.2) | 5 mg Cu<br>(Var.3) |
|-----------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| gesamte Pflanze |                     |                    |                    |
| I.              | 0,3                 | 0,0                | 0,0                |
| II.             | 1,4                 | 1,2                | 1,1                |
| III.            | 5,2                 | 4,2                | 3,8                |
| IV.             | 19,2                | 20,9               | 15,8               |
| V.              | 184,0               | 205,9              | 155,6              |
| VI.             | 272,9               | 319,5              | 238,4              |
| VII.            | 997,5               | 1059,6             | 1030,4             |
| VIII.           | 1615,6              | 1412,5             | 1565,3             |
| IX.             | 1986,0              | 1791,0             | 1865,9             |
| X.              | 2313,3              | 2246,2             | 2405,9             |
| XI.             | 3238,2              | 2656,4             | 3096,7             |
| XII.            | 3794,1              | 3199,1             | 3537,1             |
| XIII.           | 4652,3              | 3882,5             | 4154,1             |
| XIV.            | 5228,1              | 4256,9             | 4534,9             |
| XV.             | 5588,1              | 4716,6             | 4805,3             |
| XVI.            | 5299,9              | 4473,4             | 5050,0             |
| XVII.           | 5166,3              | 4612,8             | 4921,8             |
| XVIII.          | 5161,5              | 4722,1             | 5008,4             |
| XIX.            | 5228,1              | 4573,5             | 4872,4             |
| XX.             | 5320,8              | 4738,6             | 4910,0             |
| Körner          |                     |                    |                    |
| XV.             | 844,6               | 664,3              | 723,3              |
| XVI.            | 1141,2              | 866,2              | 1085,8             |
| XVII.           | 1462,8              | 1081,6             | 1298,5             |
| XVIII.          | 1479,8              | 1223,5             | 1343,9             |
| XIX.            | 1456,4              | 1196,2             | 1423,1             |
| XX.             | 1509,9              | 1251,3             | 1421,6             |

Tabelle 36: Zuwachsraten an Produkt bei Sommerweizen (mg/Pfl. und Tag) zwischen den einzelnen Ernten (1971)

| Ernte           | 50 mg Cu<br>(Var.1) | 0 mg Cu<br>(Var.2) | 5 mg Cu<br>(Var.3) |
|-----------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| gesamte Pflanze |                     |                    |                    |
| I.-II.          | 0,2                 | 0,2                | 0,2                |
| II.-III.        | 0,5                 | 0,4                | 0,4                |
| III.-IV.        | 2,0                 | 2,4                | 1,7                |
| IV.-V.          | 23,5                | 26,4               | 20,0               |
| V.-VI.          | 14,8                | 18,9               | 13,8               |
| VI.-VII.        | 120,8               | 123,4              | 132,0              |
| VII.-VIII.      | 103,0               | 58,8               | 89,2               |
| VIII.-IX.       | 61,7                | 63,1               | 50,1               |
| IX.-X.          | 54,6                | 75,9               | 90,0               |
| X.-XI.          | 154,2               | 68,4               | 115,1              |
| XI.-XII.        | 92,7                | 90,5               | 73,4               |
| XII.-XIII.      | 143,0               | 113,9              | 102,8              |
| XIII.-XIV.      | 96,0                | 62,4               | 63,5               |
| XIV.-XV.        | 60,0                | 76,6               | 45,1               |
| XV.-XVI.        | -48,0               | -40,5              | 40,8               |
| XVI.-XVII.      | -19,1               | 19,9               | -18,3              |
| XVII.-XVIII.    | -1,0                | 21,9               | 17,3               |
| XVIII.-XIX.     | 11,1                | -24,8              | -22,7              |
| XIX.-XX.        | 15,5                | 27,5               | 6,3                |
| Körner          |                     |                    |                    |
| XV.-XVI.        | 49,3                | 33,7               | 60,4               |
| XVI.-XVII.      | 45,9                | 30,8               | 30,4               |
| XVII.-XVIII.    | 3,4                 | 28,4               | 9,1                |
| XVIII.-XIX.     | -3,9                | -4,6               | 13,2               |
| XIX.-XX.        | 8,9                 | 9,2                | -0,3               |

**Tabelle 37: Die Syntheseleistung des Systems für System  
(in % pro Tag) im Verlauf der Vegetation in  
Abhängigkeit von der Cu-Versorgung (1971)**

|                               | 50 mg Cu | 0 mg Cu | 5 mg Cu |
|-------------------------------|----------|---------|---------|
| Ernte                         | (Var.1)  | (Var.2) | (Var.3) |
| In vegetativen Pflanzenteilen |          |         |         |
| I.-II.                        | 6,4      | 12,9    | 6,3     |
| II.-III.                      | 23,1     | 13,6    | 23,4    |
| III.-IV.                      | 35,5     | 34,6    | 35,2    |
| IV.-V.                        | 21,1     | 16,8    | 20,0    |
| V.-VI.                        | 1,8      | 4,6     | 3,3     |
| VI.-VII.                      | 2,9      | 3,5     | 2,6     |
| VII.-VIII.                    | 2,6      | -0,2    | 1,4     |
| VIII.-IX.                     | 3,1      | 4,1     | 2,4     |
| IX.-X.                        | -0,7     | 0,7     | 0,8     |
| X.-XI.                        | 3,4      | 2,8     | 2,9     |
| XI.-XII.                      | 0,1      | -0,4    | -0,5    |
| XII.-XIII.                    | 1,1      | 0,6     | 0,7     |
| XIII.-XIV.                    | 0,5      | 0,2     | 0,7     |
| XIV.-XV.                      | -6,7     | -5,2    | -6,4    |
| XV.-XVI.                      | -5,4     | -3,0    | -3,1    |
| XVI.-XVII.                    | -1,8     | -3,5    | -4,6    |
| XVII.-XVIII.                  | -2,3     | -1,3    | 0,4     |
| XVIII.-XIX.                   | 0,0      | -1,2    | -0,9    |
| XIX.-XX.                      | 1,5      | 0,0     | 0,1     |

Tabelle 38: Die Syntheseleistung des Systems für Produkt  
(in % pro Tag) im Verlauf der Vegetation in  
Abhängigkeit von der Cu-Versorgung (1971)

| Ernte           | 50 mg Cu<br>(Var.1) | 0 mg Cu<br>(Var.2) | 5 mg Cu<br>(Var.3) |
|-----------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| gesamte Pflanze |                     |                    |                    |
| I.-II.          | 0,8                 | 0,8                | 0,8                |
| II.-III.        | 1,9                 | 1,1                | 1,3                |
| III.-IV.        | 2,7                 | 3,2                | 2,2                |
| IV.-V.          | 9,0                 | 10,2               | 7,6                |
| V.-VI.          | 2,3                 | 3,4                | 2,2                |
| VI.-VII.        | 16,8                | 17,1               | 17,3               |
| VII.-VIII.      | 8,4                 | 6,8                | 10,1               |
| VIII.-IX.       | 6,3                 | 7,4                | 5,2                |
| IX.-X.          | 4,7                 | 7,1                | 8,2                |
| X.-XI.          | 13,9                | 6,1                | 10,1               |
| XI.-XII.        | 7,0                 | 6,9                | 5,5                |
| XII.-XIII.      | 10,7                | 8,9                | 7,9                |
| XIII.-XIV.      | 6,7                 | 4,7                | 4,7                |
| XIV.-XV.        | 4,1                 | 5,7                | 3,1                |
| XV.-XVI.        | -5,5                | -4,4               | 4,7                |
| XVI.-XVII.      | -3,2                | 2,6                | -2,6               |
| XVII.-XVIII.    | -0,2                | 3,8                | 3,6                |
| XVIII.-XIX.     | 2,4                 | -4,7               | -4,7               |
| XIX.-XX.        | 3,9                 | 5,6                | 1,4                |

### Lebenslauf

|                     |                                                                                                             |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 30.1.1945           | Geboren in Khoy/Iran als Sohn des Kaufmanns<br>Hadji Zahiri und seiner Ehefrau Tarlan,<br>geborene Ghorbani |
| 1951-1956           | Besuch der Volksschule in Teheran                                                                           |
| 1957-1963           | Besuch der Scharaf-Oberschule in Teheran                                                                    |
| 1963                | Einreise in die Bundesrepublik                                                                              |
| 1964-1965           | Besuch des Studienkollegs in Darmstadt                                                                      |
| 1965-1969           | Studium der Landwirtschaft in Giessen, im<br>Sommer 1967 landwirtschaftliches Praktikum<br>in Bad Godesberg |
| seit August<br>1969 | Doktorand am Institut für Pflanzenernährung<br>der Justus Liebig-Universität Giessen                        |





FOTO-DRUCK LENZ • 63 Gießen • Riegelpfad 32/Ecke Ludwigstraße  
Telefon 0641 - 77449